This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

WIDENER LIBRARY
HX 63VG K

Sci 1085.57

Harvard College Library

FROM THE BEQUEST OF

DANIEL TREADWELL

Rumford Professor and Lecturer on the Application of Science to the Useful Arts
1834–1845

SCIENCE CENTER LIBRARY

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Jahre 1904

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — für reine Physik
Richard Assmann — für kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn
1904

Sci 1085.57

HARVARD COLLEGE
NOV 2 1912
LIBRARY
Treadwell fund

Inhalt*).

	Seite	
F. von Hefner-Alteneck †	1	
E. Warburg. Über den Durchgang der Kathodenstrahlen durch Metalle	1	9
H. Starke. Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme	1	33
E. Wandersleb. Die von M. von Rohr gegebene Theorie des Veranten, eines Apparates zur richtigen Betrachtung von Photographien		44
O. Lummer. Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen (Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit“)	61	62
Th. Gross. Über die Beziehung zwischen elektromotorischer Kraft und chemischer Wärme	61	
G. Leithäuser. Versuche mit Oszillographen	61	
H. du Bois und H. Rubens. Über Polarisation langwelliger Wärmestrahlen durch Drahtgitter	61, 84	77
Erich Marx. Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme (Antwort auf die Erwiderung des Herrn Starke)	83	121
E. Lampe. Gedächtnisrede für den Direktor Professor Dr. Julius Lange	84	85
J. Precht. Die Wärmeabgabe des Radiums	84	101
J. Stark. Versuche über die Ionisierung durch den Stoß positiver Ionen	84	104
E. Hagen und H. Rubens. Emissionsvermögen und elektrische Leitfähigkeit der Metallegierungen	127	128
H. Kreusler. Vorlesungsversuch zur Demonstration der Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe	127	
W. Biegon von Czudnochowski. Antwort auf Herrn E. Rasch s „Erwiderung“ betr. meine Arbeit über Flammen- oder Effektbogenlicht		137
Ewald Rasch. Bemerkungen zu Notizen des Herrn von Czudnochowski über den Lichtbogen zwischen Leitern zweiter Klasse		139
F. Ritter. Über das Funkenpotential in Chlor, Brom und Helium	141	
F. Kohlrausch und F. Henning. Über das Leitvermögen von Radiumbromid	141	144

*) An den durch die fettgedruckten Seitenzahlen bezeichneten Stellen finden sich ausführlichere Mitteilungen über den betreffenden Gegenstand.

	Seite	
O. Lummer. Demonstration der Kirchhoff schen Hohlraumtheorie		141
O. Lummer. Beugungsringe an künstlich erzeugtem Nebel . . .		142
O. Lummer. Thermolumineszenz von Kristallen unter dem Einfluß der Radiumstrahlen		142
O. Lummer und E. Pringsheim. Demonstration der anomalen Dispersion in Gasen	149	151
E. Pringsheim. Einige optische Vorlesungsversuche		149
E. Brodhun. Zu der Mitteilung von O. Lummer: Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen (Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit")	150	153
E. Goldstein. Über diskontinuierliche Leuchtspektra fester organischer Körper	155	156
Wilhelm Hittorf, Adresse an	171	172
J. Schubert. Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre	171	173
E. Gehrcke. Über die geschichtete Entladung in Wasserstoff . .	171	
E. Gehrcke. Eine einfache Methode zur Bestimmung des Stromverlaufs hochgespannter Wechselströme	171	176
N. Umow. Über einen Projektionsschirm	180	184
W. v. Nicolajew. Versuche über den Einfluß der Leitfähigkeit bei elektrostatischen Experimenten	180	
O. Schönrock. Über die Saccharimeterskala nach Ventzke und die Prüfung der Saccharimeter und Quarzplatten	180	
E. Goldstein. Über die Emissionsspektra aromatischer Verbindungen	181	185
H. Rubens und O. Lummer. Über die Blondlot schen N-Strahlen	191	
H. Kreusler. Projektionsschirm nach Umow	191	
R. Börnstein. Über den täglichen Gang des Luftdrucks in Berlin	192	193
H. Greinacher. Über die Ursache des Voltaeffektes	192	
W. v. Zahn †	195	
H. Kreusler. Über eine im Sonnenspektrum beobachtete Umkehr der D_3-Linie	195	197
H. Starke. Einige Versuche mit Gasionen	195	
E. Warburg. Bemerkung über die Spitzenentladung	196	209
F. F. Martens. Über den reinen Einfluß der Temperatur auf Brechungsexponenten, nach Beobachtungen an amorphem Quarz	196	308
F. F. Martens und F. J. Micheli. Über den „Einfluß von Temperatur und Dichte" auf Brechungsexponenten, nach Beobachtungen an Flußspat und Quarz	196	311
L. Austin. Beobachtungen über die magnetische Längenänderung der Heusler schen Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen	196	211
E. Martiny. Wirkung magnetischer Querkräfte auf einen Gleichstromlichtbogen mit geradliniger Strombahn	196	199
Leo Grunmach. Über gemeinsam mit Herrn Regierungs-Rat Dr. E. Meyer ausgeführte Versuche zur Gewichtsbestimmung der Emanation des Giesel schen Emanationskörpers	217	290
Edm. Hoppe. Zur Konstitution der Magnete	217	234
E. Grimsehl. Demonstration eines Pendels mit direkt meßbarer Pendellänge	217	284

	Seite	
H. Hartl. Neue physikalische Vorlesungsapparate	217	239
C. Pulfrich. Über einen Apparat zur Messung der Kimmtiefe, einen neuen zerlegbaren Theodoliten und Phototheodoliten, die stereo-photogrammetrische Küstenvermessung vom Schiff aus und eine neue Art der Vergleichung photographischer Sternaufnahmen	218	255
Richard Müller-Uri. Vorführung von Vakuumapparaten	218	288
C. Dieterici. Über die Energie des Wassers und seines Dampfes bei hohen Temperaturen	218	228
A. Köhler. Eine mikroskopische Einrichtung für ultraviolettes Licht und damit angestellte Untersuchungen organischer Gewebe	218	270
W. Scheffer. Über Beziehungen zwischen stereoskopischen Aufnahme- und Beobachtungsapparaten	218	
J. Stark. Bedienung und Verwendung einer Quecksilberbogenlampe aus Quarzglas	218	
O. Lummer. Über Blondlot sche N-Strahlen	218	
Leo Grunmach. Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung und des Molekulargewichts von verflüssigtem Stickstoffoxydul	219	243
A. Wehnelt. Über den Austritt negativer Ionen aus glühenden Metalloxyden und damit zusammenhängende Erscheinungen	219	224
A. Voller. Versuche über die zeitliche Abnahme der Radioaktivität und über die Lebensdauer des Radiums im Zustande sehr feiner Verteilung	219	291
O. Lummer. Über die Auflösung feinster Spektrallinien	219	
W. Schmidt. Vorführung eines Apparates zur Demonstration stehender und interferierender Wellen	219	249
Max Reinganum. Berechnung des Molekularvolumens von Halogensalzen aus den Atomvolumina der Bestandteile	219	294
Herm. Th. Simon. Über einen Phasenmesser und seine Verwendung zur Fernübertragung der Kompaßstellung	219	266
L. Graetz. Über die strahlungsartigen Erscheinungen des Wasserstoffsuperoxyds	219	296
W. Nernst. Strahlung der Gase	219	
J. Rosenthal. Über einige Verbesserungen an automatisch wirkenden Quecksilberluftpumpen Sprengel scher Art	219	262
William Stern. Demonstration des „Tonvariators“	219	302
H. Krone. Über Radioaktivität vom universellen Standpunkte aus	219	
A. Freiherr von Bechtolsheim. Paarungsbestrebungen in der Natur	220	
J. Zacharias. Astatische Magnete aus einem Stück	220	
W. Herz und M. Knoch. Löslichkeitsbestimmungen in Aceton-Wassergemengen	220	221
Wilhelm Krebs. Über Verdunstungsmessungen mit dem Doppelthermometer für klimatologische und hydrographische Zwecke	220	278
Wilhelm Krebs. Über Seebeben	220	
Wilhelm Krebs. Über das meteorologische Jahr 1903/04 und die Hochwasserfrage	220	280

	Seite	
Wilhelm Krebs. Über Probleme der Polarklimate — Kältepole und Eistriften	220	282
E. Regener. Über die chemische Wirkung kurzwelliger Strahlen auf gasförmige Körper	293	
E. Regener. Einfluß eines Gasstromes auf eine Funkenstrecke	293	
Walter Lessing. Über Wechselstromentladungen	301	340
E. Goldstein. Über elektrische Entladungserscheinungen und ihre Spektra	301	315
I. Traube. Über die Bedeutung der Oberflächenspannung im Organismus	325	326
Edgar Meyer und Ernst Müller. Über die Ursache der Ionisation der Phosphorluft	325	332
L. Zehnder. Ein neues Halbschattenpolarimeter	325	337
A. Franke. Schnelltelegraphensystem von Siemens & Halske	343	
H. Rubens. Demonstration stehender Schallwellen durch Manometerflammen	349	351
O. Krigar-Menzel. Zur Theorie der Rubens'schen Schallröhre	349	356
O. Schönrock. Ausmessung der Planheit von Flächen bis auf ein Millionstel Millimeter	349	
E. Gehrcke. Über den Einfluß elektrischer Schwingungen auf die Breite der feinsten Spektrallinien	350	344
Edgar Meyer. Über die Durchlässigkeit des Argons für ultraviolette Strahlung	350	362

Bekanntmachung betr. das Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München	83
Das Technolexikon des Vereins Deutscher Ingenieure (Kurzer Bericht über den Stand der Arbeiten, Februar 1904)	147
76. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Breslau 1904	217

Geschäftliches	179, 379
Satzungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Eingetragener Verein	2
Wahlen des Vorstandes und des Wissenschaftlichen Ausschusses	83, 179
Vermögensbilanz der Deutschen Physikalischen Gesellschaft am 31. Dezember 1903	182
Gewinn- und Verlustkonto am 31. Dezember 1903	183

Aufnahme von Mitgliedern	1, 61, 84, 127, 143, 150, 171, 181, 191, 325, 343, 349
Mitgliederliste	365

Alphabetisches Namenregister	374

Jahrg. 2 *Heft 1*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — Reine Physik
Richard Assmann — Kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn
1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Inhalt.

Seite

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Bericht über die Sitzung vom 8. Januar 1904 1

Satzungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 2

E. Warburg, Über den Durchgang der Kathodenstrahlen durch Metalle. (Vorgetragen in der Sitzung vom 8. Januar 1904.) . 9

H. Starke, Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme. (Vorgetragen in der Sitzung vom 8. Januar 1904.) 33

E. Wandersleb-Jena, Die von M. von Rohr gegebene Theorie des Veranten, eines Apparats zur richtigen Betrachtung von Photographien. (Vorgetragen in der Sitzung vom 27. November 1903.) 44

2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.

I. Allgemeine Physik 1
II. Akustik 3
III. Physikalische Chemie 4
IV. Elektrizität und Magnetismus 7
V. Optik des gesamten Spektrums 10
VI. Wärme 12
VII. Kosmische Physik 14

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 15. Januar 1904. Nr. 1.

Sitzung vom 8. Januar 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG.

Der Vorsitzende macht der Gesellschaft Mitteilung von dem am 7. Januar erfolgten plötzlichen Ableben ihres stellvertretenden Vorsitzenden

F. von Hefner-Alteneck

und widmet dem Verstorbenen warme Worte des Dankes, welchen er sich um die Gesellschaft erworben hat. Die Anwesenden erheben sich zu Ehren des Entschlafenen von ihren Sitzen.

Hr. **E. Warburg** spricht sodann:
Über den Durchgang der Kathodenstrahlen durch Metalle.

Ferner berichtet Hr. **H. Starke**:
Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme.

Als Mitglied wird in die Gesellschaft aufgenommen:
Hr. M. REINGANUM in Münster i. W.
(Vorgeschlagen durch Hrn. HEYDWEILLER.)

Satzungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Eingetragener Verein.

§ 1. Die Deutsche Physikalische Gesellschaft, welche ihren Sitz in Berlin hat, bezweckt, das Studium der physikalischen Wissenschaften zu befördern.

§ 2. Diesen Zweck sucht die Gesellschaft zu erreichen:

a) durch Herausgabe ihrer Verhandlungen, wodurch insbesondere den Mitgliedern Gelegenheit zu schneller Veröffentlichung kurzer Mitteilungen gegeben werden soll;

b) durch Herausgabe eines Jahresberichtes über die Fortschritte der Physik;

c) durch Mitwirkung an der Herausgabe der Annalen der Physik;

d) durch Teilnahme an den Sitzungen der Abteilung für Physik in der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte;

e) durch regelmäßige Sitzungen in Berlin, in denen die Mitglieder teils über ihre eigenen, teils über die neuesten fremden physikalischen Arbeiten Vorträge halten;

f) durch einen Lesezirkel, in welchem den Berliner Mitgliedern die neuen in den Besitz der Gesellschaft gelangenden Zeitschriften mitgeteilt werden.

§ 3. Die Verhandlungen werden jedem Mitgliede der Gesellschaft sogleich nach ihrem Erscheinen kostenfrei zugesandt.

§ 4. Den Jahresbericht über die Fortschritte der Physik kann jedes Mitglied durch Vermittelung des Rechnungsführers von der Gesellschaft zu dem mit der Verlagsbuchhandlung vereinbarten Vorzugspreise beziehen.

§ 5. Die Mitglieder der Gesellschaft teilen sich nach der Verschiedenheit ihrer Rechte und Pflichten in zwei Gruppen:

a) die Gruppe der Berliner Mitglieder;

b) die Gruppe der Auswärtigen Mitglieder.

Die Zugehörigkeit zur Gruppe a) ist obligatorisch für alle in Berlin und den Vororten von Berlin wohnhaften Mitglieder, fakultativ für die übrigen.

§ 6. Jedes Berliner Mitglied entrichtet halbjährlich im Voraus einen Beitrag von zehn Mark. Die Termine für die Einzahlung sind der 1. Januar und der 1. Juli. Erfolgt die Aufnahme des Mitgliedes in der zweiten Hälfte eines Halbjahres, so wird für dieses Halbjahr der Beitrag von demselben nicht erhoben.

§ 7. Die Zeitschriften des Lesezirkels werden den Berliner Mitgliedern, sofern sie es wünschen, einmal in der Woche zugesendet.

§ 8. Jedes auswärtige Mitglied entrichtet zu Beginn eines jeden Kalenderjahres einen Beitrag von fünf Mark. Vom 1. März ab kann derselbe einschließlich der Portokosten vom Rechnungsführer durch Postnachnahme eingezogen werden. Erfolgt die Aufnahme des Mitgliedes in der zweiten Hälfte eines Jahres, so wird für dieses Jahr der Beitrag nicht erhoben.

§ 9. Die Gesellschaft versammelt sich, abgesehen von einer durch die Herbstferien gegebenen Unterbrechung, der Regel nach alle vierzehn Tage einmal in Berlin, und zwar für jetzt am Freitag abends $7^1/_2$ Uhr. Die Sitzungen sind öffentlich, so lange wissenschaftliche Gegenstände verhandelt werden. Außer den regelmäßigen Sitzungen kann der Vorstand jederzeit eine außerordentliche Mitgliederversammlung einberufen, wenn er es im Interesse der Gesellschaft für erforderlich oder ersprießlich erachtet; er ist hierzu verpflichtet, wenn eine Anzahl von mindestens 20 Mitgliedern unter Angabe der Gründe und der zu beratenden Gegenstände darauf anträgt, und zwar innerhalb zwei Wochen nach dem Eingange des Antrages.

§ 10. Die Einladung zu den regelmäßigen Sitzungen erfolgt durch ein zu Beginn jeden Kalenderjahres allen Mitgliedern übersandtes Verzeichnis der für das Jahr vom Vorstande aufgestellten Sitzungstage. Den Berliner Mitgliedern wird die Tagesordnung einer jeden Sitzung auf besonderen Einladungskarten bekanntgegeben. Zu einer außerordentlichen Versammlung werden alle Mitglieder durch Briefe eingeladen.

§ 11. Alle Abstimmungen der Gesellschaft, mit Ausnahme der Wahlen für den Wissenschaftlichen Ausschuß und der in §§ 9, 12, 13 und 33 erwähnten Abstimmung, erfolgen in einer Sitzung durch

die absolute Mehrheit der von den Berliner und auswärtigen Mitgliedern abgegebenen Stimmen. Für die Wahl des Wissenschaftlichen Ausschusses werden die von den auswärtigen Mitgliedern vor der Sitzung schriftlich abgegebenen Stimmen (§ 18) ebenso wie diejenigen der Anwesenden gezählt. Tritt Stimmengleichheit ein, so ist der betreffende Antrag verworfen. Zur Gültigkeit einer Abstimmung ist die Anwesenheit von mindestens zwölf Mitgliedern erforderlich, unter denen mindestens drei Mitglieder aus dem Vorstande und dem Beirat sich befinden.

§ 12. Wenn in einer Sitzung aus dem Grunde eine Abstimmung nicht vorgenommen werden kann, daß die erforderliche Anzahl von Mitgliedern nicht anwesend ist, sowie in den Ferien, hat der Vorsitzende die Befugnis, eine Abstimmung sämtlicher Mitglieder auf schriftlichem Wege vornehmen zu lassen.

§ 13. Wer als Mitglied aufgenommen zu werden wünscht, muß von seiten eines Mitgliedes vorgeschlagen werden. Der Vorschlag wird schriftlich dem Vorsitzenden angemeldet und durch diesen zugleich mit dem Namen des Vorschlagenden in der nächsten Sitzung sowie in der Einladung zu der darauffolgenden Sitzung mitgeteilt. In dieser Sitzung wird der Vorgeschlagene als Mitglied proklamiert, falls nicht vorher von einem Mitgliede Abstimmung beantragt wird, die alsdann durch sämtliche Mitglieder auf schriftlichem Wege erfolgt.

§ 14. Jedem neu gewählten Mitgliede wird eine Benachrichtigung über seine Aufnahme nebst einem Exemplar der Satzungen und der Redaktionsordnung der Verhandlungen vom Schriftführer zugefertigt und die Wahl in der nächsten Nummer der Verhandlungen allen Mitgliedern bekannt gegeben.

§ 15. Die Gesellschaft wird durch den Vorstand vertreten, welcher die Stellung eines gesetzlichen Vertreters hat:

Der Vorstand besteht aus:

a) dem Vorsitzenden und dessen drei Stellvertretern (§ 15b).

b) dem Rechnungsführer und dessen Stellvertreter (§ 15b).

Bei allen schriftlichen Verträgen und Rechtsgeschäften zeichnen die beiden Vorstandsmitglieder gemeinsam.

§ 15a. Der Beirat besteht aus:

dem ersten Beisitzer,

dem zweiten Beisitzer,

dem dritten Beisitzer,
dem Schriftführer der Gesellschaft,
dem stellvertretenden Schriftführer der Gesellschaft,
dem stellvertretenden Rechnungsführer der Gesellschaft,
den Redakteuren der Verhandlungen und Jahresberichte über die Fortschritte der Physik,
den beiden Revisoren,
dem Bibliothekar und dem stellvertretenden Bibliothekar.

Die Mitgliederversammlung kann eine Erhöhung der Anzahl der Beisitzer beschließen.

§ 15b. Im Falle der Verhinderung des Vorsitzenden ist zu dessen Stellvertretung berufen

der erste Beisitzer des Beirates,

im Falle der Verhinderung desselben

der zweite Beisitzer des Beirates,

im Falle der Verhinderung desselben

der dritte Beisitzer des Beirates.

Im Falle der Verhinderung des Rechnungsführers ist der stellvertretende Rechnungsführer zur Stellvertretung berufen.

§ 15c. Der Beirat versammelt sich auf Berufung des Vorsitzenden, um in Gemeinschaft mit dem Vorstande die Vereinsangelegenheiten zu beraten und zu beschließen.

Der Beirat ist in Gemeinschaft mit dem Vorstande befugt, alljährlich der Mitgliederversammlung ein auswärtiges Mitglied zur Wahl als Ehrenpräsident vorzuschlagen.

§ 15d. Der Ehrenpräsident ist zugleich Vorsitzender des Wissenschaftlichen Ausschusses.

Er ist berechtigt, die Leitung der Mitglieder- und gemeinsamen Vorstands- und Beiratsversammlungen zu übernehmen.

§ 16. Der Wissenschaftliche Ausschuß besteht aus seinem Vorsitzenden und aus zehn Mitgliedern, von welchen wenigstens fünf auswärtige Mitglieder sein müssen. Außerdem sind frühere Vorsitzende der Gesellschaft und Ehrenpräsidenten befugt, an den Sitzungen des Wissenschaftlichen Ausschusses stimmberechtigt teil zu nehmen.

§ 17. Die Mitglieder des Vorstandes,
die Mitglieder des Beirates, ausgenommen die Redakteure,
die Mitglieder des Wissenschaftlichen Ausschusses mit Ausnahme des Vorsitzenden,

der Ehrenpräsident, insofern ein solcher vorgeschlagen ist (§ 15c, Abs. 2),

werden jedesmal auf ein Jahr und zwar in der ersten Sitzung des Mai gewählt.

Die Redakteure der Verhandlungen und der Jahresberichte werden von den gewählten Mitgliedern des Vorstandes und des Beirates zugewählt.

Der Vorsitzende des Wissenschaftlichen Ausschusses wird, wenn ein Ehrenpräsident nicht ernannt ist (§ 15d), vom Beirat in Gemeinschaft mit dem Vorstande gewählt.

Dabei kann der Vorsitzende der Gesellschaft zugleich zum Vorsitzenden des Wissenschaftlichen Auschusses gewählt werden.

Scheiden Ausschußmitglieder vor Ablauf ihrer Amtszeit aus, so ergänzt sich der Ausschuß durch Zuwahl.

§ 18. Für die Besetzung jeden einzelnen Amtes findet ein besonderer Wahlakt statt. Die Wahl geschieht durch Stimmzettel oder, falls keinerlei Widerspruch erfolgt, durch Akklamation. Bei der Wahl des Wissenschaftlichen Ausschusses sind auch schriftlich abgegebene Stimmen auswärtiger Mitglieder gültig (§ 11). Wenn bei der Abstimmung keine absolute Mehrheit zu stande kommt, so werden die vier Mitglieder, welche die meisten Stimmen auf sich vereinigen, und wenn sich auch bei der zweiten Abstimmung noch keine absolute Mehrheit ergibt, die zwei Mitglieder, denen die meisten Stimmen zugefallen sind, auf die engere Wahl gebracht. Bei Stimmengleichheit entscheidet das Los.

§ 19. Scheidet ein Mitglied des Vorstandes oder des Beirates vor Ablauf seiner Amtszeit aus, so findet eine Neuwahl statt.

§ 20. Die Mitglieder machen in den Sitzungen, soweit sie glauben, daß es für die Gesellschaft von Interesse sein kann, Mitteilungen über eigene Untersuchungen und über die wichtigsten fremden Leistungen in allen Zweigen der physikalischen Wissenschaften.

§ 21. Mitteilungen für die Verhandlungen müssen in einer Sitzung durch ein anwesendes Mitglied mit kurzer Inhaltsangabe vorgelegt werden.

§ 22. Jedes Mitglied hat der Gesellschaft, wenn möglich, ein Exemplar aller Schriften zuzustellen, die es während seiner Mitgliedschaft herausgibt.

§ 23. Wünscht ein Mitglied sich durch die Mitteilung an die Gesellschaft die Priorität einer Entdeckung zu sichern, so hat es die Darlegung derselben beim Vorstand schriftlich einzureichen. Das Manuskript wird von dem Vorsitzenden und dem Schriftführer unter dem Datum des Tages, an welchem die Einreichung geschehen ist, und außerdem des Tages, an welchem der Vortrag vor der Gesellschaft gehalten worden ist. mit ihren Namensunterschriften und dem Gesellschaftssiegel versehen und zu den Akten der Gesellschaft gelegt.

§ 24. Außer den wissenschaftlichen Mitteilungen der Mitglieder enthalten die Verhandlungen fortlaufenden Bericht über den Zugang und Abgang von Mitgliedern, sowie über die wichtigeren Vorkommnisse in der Gesellschaft.

§ 25. Die Benutzung der Bibliothek steht jedem Mitglied der Gesellschaft frei, den auswärtigen Mitgliedern gegen Erstattung der Unkosten; die Entleihung einer Druckschrift ist unter allen Umständen schriftlich zu bescheinigen.

§ 26. Der Vorsitzende hat die Tagesordnung für die Sitzungen zu bestimmen und in ihnen die Verhandlungen zu leiten.

§ 27. Der Vorsitzende und der Schriftführer übernehmen den Briefwechsel der Gesellschaft und besorgen die Einladungen zu den Sitzungen. Ersterer bewahrt die Akten der Gesellschaft. Der Schriftführer führt das Protokoll in den Sitzungen. Das Protokoll ist zu vollziehen durch den Vorsitzenden der Versammlung und durch den Schriftführer bzw. dessen Stellvertreter. Der Bibliothekar führt die Aufsicht über die Bibliothek sowie auch über die der Gesellschaft gehörigen Gerätschaften und Vorrichtungen und besorgt den Lesezirkel.

§ 28. Der wissenschaftliche Ausschuß berät und beschließt über allgemeine Wissenschaftliche Fragen und dient als begutachtendes Organ für die Redaktionsgeschäfte der Gesellschaft, auch ordnet er die Beteiligung der Gesellschaft an der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte. Er tritt auf die von seinem Vorsitzenden zu erlassende Einberufung mindestens einmal im Jahre zusammen, und zwar der Regel nach auf der deutschen Naturforscherversammlung, doch können auch auf schriftlichem Wege Beschlüsse des Ausschusses zu stande kommen. Der Ausschuß entscheidet durch absolute Majorität, in seinen Sitzungen

durch absolute Majorität der anwesenden Mitglieder. Bei Stimmengleichheit gibt der Vorsitzende den Ausschlag. Ist der Vorsitzende des Ausschusses nicht anwesend, so wählt der Ausschuß einen Stellvertreter aus seinen Mitgliedern.

§ 29. Der Rechnungsführer hat über die Geldangelegenheiten Buch und Rechnung zu führen, in der ersten Sitzung des Mai, vor der Neuwahl des Vorstandes, der Gesellschaft Rechenschaft abzulegen und den Etatsentwurf für das nächste Jahr zur Beschlußnahme zu unterbreiten. Die Revisoren sind verpflichtet, die Prüfung der Rechnungsbücher zu übernehmen und das Ergebnis derselben der Gesellschaft mitzuteilen.

§ 30. Die regelmäßigen Ausgaben werden durch Genehmigung des Etats seitens der Gesellschaft festgesetzt.

§ 31. Wenn ein Mitglied aus der Gesellschaft austreten will, so hat es dem Vorsitzenden davon schriftliche Anzeige zu machen.

§ 32. Von Mitgliedern, welche trotz zweimaliger schriftlicher Aufforderung von seiten des Rechnungsführers am Schluß eines halben Jahres nach dem Fälligkeitstermine ihren Beitrag nicht gezahlt haben, wird angenommen, daß sie der Gesellschaft nicht mehr angehören wollen.

§ 33. Ein Antrag auf Änderung der Satzungen ist auf den Einladungskarten zu einer Sitzung dem Wortlaut nach mitzuteilen und darf nur zur Abstimmung gebracht werden, wenn mindestens zwanzig Mitglieder, und darunter mindestens vier Mitglieder aus dem Vorstand und Beirat, anwesend sind. Zur Annahme ist die Zustimmung von mindestens zwei Dritteln der Anwesenden erforderlich. Der Beschluß bedarf überdies zu seiner Gültigkeit noch der Bestätigung durch eine zweite, auf schriftlichem Wege vorzunehmende Abstimmung, zu welcher sämtliche Mitglieder der Gesellschaft durch Rundschreiben unter Angabe des Beschlusses der ersten Sitzung und Bezeichnung eines Abstimmungstermins aufgefordert werden. Bei dieser Abstimmung entscheidet die absolute Mehrheit der Abstimmenden.

Die vorstehenden Satzungen sind in das Vereinsregister eingetragen.

1. Januar 1904.

Über den Durchgang der Kathodenstrahlen durch Metalle;

von E. Warburg.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 8. Januar 1904.)

(Vgl. oben S. 1.)

§ 1. Homogene Kathodenstrahlen, d. h. Kathodenstrahlen von bestimmter Geschwindigkeit, werden bei konstanter Potentialdifferenz der Elektroden gewonnen, eine Bedingung, welche nicht durch das Induktorium, wohl aber durch die Elektrisiermaschine herzustellen ist. Blendet man aus einem Bündel solcher homogener Kathodenstrahlen durch einen Spalt einen Teil aus, welcher auf einem fluoreszierenden Schirm einen scharf begrenzten hellen Fleck erzeugt, so wird dieser in einem Magnetfelde, dessen Kraftlinien senkrecht zur Richtung der Kathodenstrahlen verlaufen, abgelenkt, aber nicht verbreitert. Sind indessen die ursprünglich homogenen Kathodenstrahlen von einer Metalloberfläche reflektiert oder durch ein dünnes Metallblatt hindurchgeschickt worden, so wird der Fluoreszenzfleck im Magnetfelde zu einem magnetischen Spektrum ausgedehnt, in welchem im allgemeinen Geschwindigkeiten vertreten sind gleich und kleiner als die Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen. Die größte Helligkeit liegt im Spektrum der reflektierten Strahlen bei der Geschwindigkeit der auffallenden, ist aber im Spektrum der durchgelassenen Strahlen, wenn die Geschwindigkeit der auffallenden nicht zu groß ist, nach der Seite der kleineren Geschwindigkeiten verschoben. Die ursprünglich homogenen Strahlen werden also durch Reflexion und Transmission inhomogen, indem Geschwindigkeitsverluste eintreten, welche für verschiedene Strahlenpartien von verschiedener Größe sind.

Das geschilderte Verhalten wurde für die reflektierten Strahlen von Herrn GEHRCKE[1]), für die durchgelassenen von Herrn LEITHÄUSER[2]) entdeckt. Später hat Herr DES COUDRES[3]) einige vor-

[1]) E. GEHRCKE, Sitzber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1901, S. 461—467; Ann. d. Phys. 8, 81, 1902.

[2]) G. E. LEITHÄUSER, Sitzber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1902, S. 267.

[3]) TH. DES COUDRES, Phys. Zeitschr. 4, 140, 15. Nov. 1902.

läufige Versuche mitgeteilt, welche nach seiner Angabe „eine gute Bestätigung der LEITHÄUSERschen Entdeckung darstellen". Etwas Neues haben diese Versuche den LEITHÄUSERschen nicht hinzugefügt, beanspruchen dies wohl auch nicht, und ich kann in der Versuchsanordnung jedenfalls keinen Fortschritt gegenüber der GEHRCKE-LEITHÄUSERschen Anordnung erblicken. Wenn Herr J. J. THOMSON[1]) und Frau SKL. CURIE[2]) Ergebnisse des Herrn LEITHÄUSER Herrn DES COUDRES zuschreiben, so rührt dies daher, daß den genannten Autoren, nach brieflicher Mitteilung, die Arbeit des Herrn LEITHÄUSER nicht bekannt gewesen ist.

§ 2. Herr LEITHÄUSER hat nun in seiner Dissertation[3]) die Untersuchung wesentlich vervollständigt dadurch, daß er die magnetischen Spektra der durchgelassenen Strahlen ausgemessen, d. h. die transportierte Elektrizitätsmenge als Funktion der Geschwindigkeit für die verschiedenen Spektralbezirke bestimmt hat. Diese Bestimmung wurde durch photometrische Messung der Fluoreszenzhelligkeit in den verschiedenen Spektralbezirken gewonnen, indem vorher festgestellt war, in welcher Weise die Fluoreszenzhelligkeit von der Geschwindigkeit der Strahlen und der von ihnen geförderten Elektrizitätsmenge abhängt[4]).

Die genannten Versuche des Herrn LEITHÄUSER verhalten sich zu den bisher über die Absorption der Kathodenstrahlen gemachten wie optische Absorptionsversuche mit spektraler Zerlegung zu Absorptionsversuchen ohne spektrale Zerlegung.

§ 3. Seit längerer Zeit habe ich versucht, die Rechnungsmethoden der kinetischen Gastheorie auf diese Phänomene anzuwenden und war auch auf Grund derartiger Rechnungen imstande, den Unterschied der Spektra der reflektierten und durchgelassenen Strahlen der Hauptsache nach vorherzusagen. Da nun bei der Fortsetzung dieser Untersuchungen im hiesigen Institut das Bedürfnis einer theoretischen Grundlage sich fühlbar macht, und dank den neueren Versuchen des Herrn LEITHÄUSER quantitative

---

[1]) J. J. THOMSON, Conduction of electricity through gases, Cambridge 1903, S. 512.

[2]) SKL. CURIE, Ann. chim. et phys. (7) 30, 184, Okt. 1903.

[3]) G. E. LEITHÄUSER, Diss. Berlin, 31. Juli 1903.

[4]) Messungen über denselben Gegenstand hat ungefähr gleichzeitig Herr LENARD angestellt. Ann. d. Phys. (4) 12, 462, 1903.

Bestimmungen vorliegen, welche mit der Theorie verglichen werden können, so habe ich die Rechnungen verfolgt und bin zu Formeln gelangt, welche zwar die LEITHÄUSERschen Versuche im großen und ganzen darstellen, aber doch in klarer und systematischer Weise von denselben abweichen. Wenn ich also meine Theorie hier mitzuteilen mir erlaube, so geschieht es in der Hoffnung, dadurch vielleicht für eine bessere den Weg zu bahnen.

§ 4. Ich lege die Anschauungen der Emissionstheorie zugrunde, sehe also einen Kathodenstrahl an als die Bahn negativ geladener auf ihm fortbewegter Teilchen (Elektronen), die eine gewisse träge Masse besitzen, ob wahre oder scheinbare ist hier gleichgültig. Ein Elektron wird bei seinem Wege durch einen Körper in Wechselwirkung treten mit Teilchen dieses Körpers, deren Natur ich dahingestellt sein lasse, daran erinnernd, daß, wie öfter hervorgehoben wurde [1]), die wägbaren Molekeln als Ganzes betrachtet nicht als diese Teilchen zu denken sind, daß vielmehr ein Elektron, weil sehr klein gegen eine wägbare Molekel, durch Lücken in derselben ohne merkliche Wechselwirkung mit ihr hindurchtreten kann. Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen setze ich entsprechend den LEITHÄUSERschen Versuchen als so groß voraus, daß dagegen die getroffenen Körperteilchen vor dem Stoß als ruhend zu betrachten sind.

Es erscheint zunächst zweifelhaft, ob die sogenannten zurückgeworfenen und durchgelassenen Kathodenstrahlen aus denselben Elektronen bestehen wie die auffallenden, indem neuere Versuche, unter denen die der Herren AUSTIN und STARKE [2]) und LENARD [3]) zu nennen sind, anzuzeigen scheinen, daß die Elektronen bei ihrem Zusammenstoß mit Teilchen des Körpers neue Kathodenstrahlen auslösen können (sekundäre Emission). Nach den Anschauungen des Herrn J. J. THOMSON [4]) entstehen sogar die sogenannten reflektierten Kathodenstrahlen der Hauptsache nach durch sekundäre Emission. Wie dem auch sein mag, so soll hier

[1]) J. J. THOMSON, Die Entladung der Elektrizität durch Gase, übersetzt von P. EWERS. Leipzig 1900, S. 137.

[2]) L. AUSTIN und H. STARKE, Diese Verh. 4, 106, 1902.

[3]) P. LENARD, Ann. d. Phys. (4) 12, 474, 1903.

[4]) J. J. THOMSON, Conduction of electr. through gases, 1903, S. 509. S. 511 finden sich ähnliche Bemerkungen in bezug auf die durchgelassenen Strahlen.

von einer solchen Wirkung abgesehen werden, auf welche vielleicht die Abweichungen der zu entwickelnden Theorie von der Beobachtung zurückzuführen sind. Vergleiche § 19.

Es handelt sich also um die Bewegungsänderung, welche ein Elektron bei seinem Durchgange durch den Körper erfährt.

Wenn nun die Wechselwirkung zwischen einem Elektron und Teilchen des Körpers so erfolgte, wie der Stoß elastischer Kugeln, dann müßte die Durchlässigkeit eines dünnen Blättchens von der Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen unabhängig sein, während bereits die ersten grundlegenden Versuche LENARDS[1]) über die Absorption erkennen ließen, daß die Durchlässigkeit mit der Geschwindigkeit erheblich wächst. Man wird dieser Tatsache gerecht durch die Annahme, daß die getroffenen Körperteilchen mit Masse begabte Kraftzentren sind[2]), welche auf die Elektronen abstoßend wirken mit einer mit abnehmender Entfernung zunehmenden Kraft. Bekanntlich machte bereits MAXWELL[3]) eine solche Annahme für die Wechselwirkung zwischen wägbaren Molekeln, um zu erklären, daß der Temperaturkoeffizient der Reibung größer ist, als es die Hypothese der elastischen Kugeln verlangt. Ich nehme also an, daß in einem Körper Kraftzentren verteilt sind, welche auf die Elektronen abstoßend wirken mit einer Kraft, die der n^{ten} Potenz der Entfernung umgekehrt proportional ist; auch sollen die Kraftzentren soweit voneinander entfernt sein, daß ein Elektron jedesmal nur mit einem Kraftzentrum in merkliche Wechselwirkung tritt.

Es handelt sich zunächst um die Wechselwirkung zwischen einem Elektron und einem solchen Kraftzentrum, welche aus den Untersuchungen von MAXWELL[4]) bekannt ist.

§ 5. Ein Elektron 2 von der Masse m_2 gehe an einem Kraftzentrum 1 von der Masse m_1 vorbei. Die Anfangsgeschwindigkeit von 2 sei q. q ist so groß gegen die Molekulargeschwindigkeit von 1, daß dieses vor dem Zusammenstoß — so möge der Vorgang

[1]) P. LENARD, Wied. Ann. 56, 261, 1895.

[2]) Vgl. W. KAUFMANN, Wied. Ann. 69, 112, 1899, wo allerdings außer der Kraftwirkung noch Zusammenstöße angenommen sind, u. P. LENARD, Ann. d. Phys. (4) 12, 735, 1903.

[3]) J. Cl. MAXWELL, Phil. Mag. (5) 35, 135, 1868.

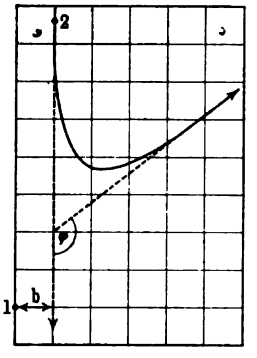
[4]) J. Cl. MAXWELL, l. c.; L. BOLTZMANN, Vorles. über Gastheorie, Leipzig 1896, I. Teil, S. 153.

bei der Wechselwirkung heißen — als ruhend betrachtet werden kann. Zwischen 1 und 2 wirkt die zentrale Abstoßungskraft F. Die relative Bewegung von 2 gegen 1 findet man, indem man 1 fest denkt und 2 die Masse

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \quad \ldots \quad (1)$$

beilegt. Die Richtungen der relativen Bewegung von 2 vor und nach dem Stoß bilden miteinander den Winkel φ (Fig. 1). Nimmt man an

Fig. 1.



$$F = \frac{\mathfrak{F}}{r^n} \quad \ldots \quad (2)$$

wo r die Entfernung zwischen 1 und 2 bedeutet, so ist:

$$\pi - \varphi = 2 \cdot \int_0^{\varrho(\omega)} \frac{d\varrho}{\sqrt{1 - \varrho^2 - \frac{2}{n-1} \cdot \left(\frac{\varrho}{\alpha}\right)^{n-1}}} \quad \ldots \quad (3)$$

wo

$$\alpha = b \cdot \left(\frac{\mu}{\mathfrak{F}} \cdot q^2\right)^{\frac{1}{n-1}} \quad \ldots \quad (4)$$

b das Lot von 1 auf die ursprüngliche Bewegungsrichtung von 2, $\varrho = \frac{b}{r}$, $\varrho(\alpha)$ die positive Wurzel der Gleichung

$$1 - \varrho^2 - \frac{2}{n-1} \cdot \left(\frac{\varrho}{\alpha}\right)^{n-1} = 0$$

vorstellt.

Wird die Geschwindigkeit von q auf den größeren Wert q' gesteigert, so bleibt α, mithin auch φ, ungeändert, wenn zugleich b auf den kleineren Wert b' herabgesetzt wird, wo

$$\frac{b'}{b} = \left(\frac{q}{q'}\right)^{\frac{2}{n-1}} \quad \ldots \quad (5)$$

Kugeln um 1, mit den Radien b und b' beschrieben, mögen B und B' heißen. Ein Elektron 2 von der Geschwindigkeit q, dessen Flugbahn vor dem Stoß B tangiert, erfährt dieselbe Ablenkung wie ein Elektron von der Geschwindigkeit q', dessen Flugbahn vor dem Stoß B' tangiert. Oder: wird die Elektronen-

geschwindigkeit von q auf q' gesteigert, so zieht sich der Radius der Wirkungssphäre von 1 im Verhältnis

$$b' : b = q^{\frac{2}{n-1}} : q'^{\frac{2}{n-1}},$$

deren Querschnitt im Verhältnis

$$b'^2 : b^2 = q^{\frac{4}{n-1}} : q'^{\frac{4}{n-1}}$$

zusammen.

§ 6. Obgleich es für das Folgende nicht nötig ist, so möge doch der Anschaulichkeit halber der Spezialfall $F = \frac{\mathfrak{H}}{r^2}$ oder $n = 2$ behandelt werden. Man findet

$$cotg\ {}^1/_2\,\varphi = \alpha = b \cdot q^2 \cdot \frac{\mu}{\mathfrak{H}}.$$

Für $q = q^0$ sei b^0 der Wert von b, für welchen $\varphi = \frac{\pi}{2}$ wird, also:

$$1 = b^0 \cdot q^{02} \cdot \frac{\mu}{\mathfrak{H}},$$

$$\frac{\mu}{\mathfrak{H}} = \frac{1}{b^0 \cdot q^{02}},$$

$$cotg\ {}^1/_2\,\varphi = \frac{b}{b^0} \cdot \left(\frac{q}{q^0}\right)^2.$$

Sei q^0 die Geschwindigkeit des ankommenden Elektrons, $\frac{b}{b^0} = \frac{k}{4}$, dann wird $cotg\ {}^1/_2\,\varphi = \frac{k}{4}$. In der folgenden Tabelle ist φ berechnet für $k = 1$ bis $k = 48$:

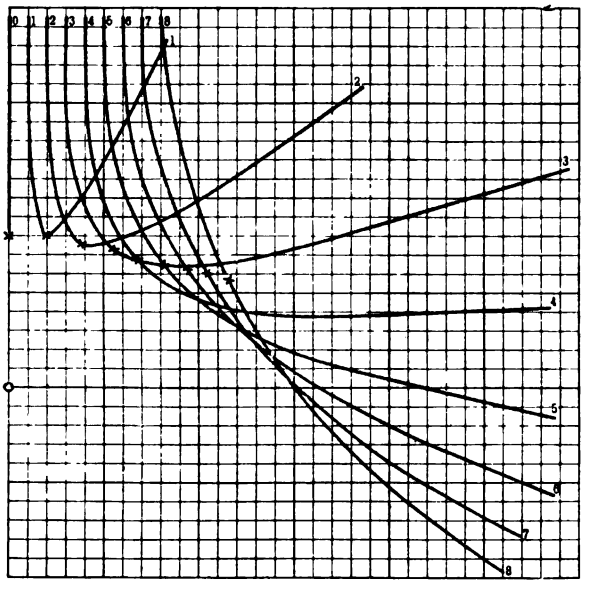
$n = 2$

k	φ Grad	$\frac{q'_2}{q_2}$ $(\beta = {}^1/_3)$	k	φ Grad	$\frac{q'_2}{q_2}$ $(\beta = {}^1/_3)$
0	0	0,5	12	143,4	0,96
1	28	0,54	16	151,8	0,98
2	53	0,63	20	157,4	0,99
3	74	0,72	24	161	0,99
4	90	0,79	28	163,7	0,99
5	102,6	0,84	32	165,8	1,0
6	112,6	0,88	36	167,3	1,0
7	120,4	0,90	40	168,6	1,0
8	126,8	0,92	48	170,5	1,0

Je nachdem $b < b^0$ oder $b > b^0$, wird das Elektron reflektiert oder durchgelassen. Fig. 2 zeigt die Bahnen von Elektronen, die in verschiedenen Entfernungen b am Kraftzentrum vorbeigehen.

§ 7. Es möge jetzt das Kraftzentrum zwar vor dem Stoß ruhend, aber frei beweglich gedacht werden. Alsdann erleidet 2 durch den Stoß, durch welchen 1 in Bewegung gesetzt wird, einen Geschwindigkeitsverlust. Zu dessen Bestimmung legen wir die $+x$-Achse in die Bewegungsrichtung des ankommenden Elektrons, die xy-Ebene in die Bahnebene. Seien u_1, v_1; u_2, v_2; u'_1, v'_1; u'_2, v'_2 bzw. die Komponenten der absoluten Geschwindigkeit von 1 und 2

Fig. 2.



nach der x- und y-Achse vor und nach dem Stoß. Dann ist z. B. $u'_2 - u'_1$ die Komponente nach der x-Achse der relativen Geschwindigkeit von 2 gegen 1 nach dem Stoß. Nun wird durch den Stoß die relative Geschwindigkeit von 2 gegen 1 wohl der Richtung, nicht aber der Größe nach geändert, ist vor und nach dem Stoß gleich q. Also ist bei passender Wahl der $+y$-Achse:

$$\left.\begin{aligned} u'_2 - u'_1 &= q\cos\varphi \\ v'_2 - v'_1 &= q\sin\varphi \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Ferner wird durch den Stoß die Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes von 1 und 2 nicht geändert. Sind U und V die Komponenten von dessen Geschwindigkeit, so ist:

$$\left.\begin{aligned}(m_1 + m_2).U &= m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 u_1' + m_2 u_1'\\ (m_1 + m_2).V &= m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'\end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Da 1 vor dem Stoß ruht, so ist q auch die absolute Geschwindigkeit von 2 vor dem Stoß, also $u_2 = q$, $v_2 = 0$. Ferner $u_1 = v_1 = 0$. Daher aus (7)

$$\left.\begin{aligned}m_2 . q &= m_1 . u_1' + m_2 . u_2'\\ 0 &= m_1 . v_1' + m_2 . v_2'\end{aligned}\right\} \quad (8)$$

Durch Elimination von u_1' und v_1' aus (6) und (8):

$$u_1'(m_1 + m_2) = q(m_2 + m_1 . \cos\varphi)$$
$$v_1' . (m_1 + m_2) = q . m_1 . \sin\varphi$$

und daraus, da $u_2'^2 + v_2'^2 = q_2'^2$,

$$\left.\begin{aligned}q_2' &= q_2 . \sqrt{1 - \frac{4\beta}{(1+\beta)^2} . \sin^2 {}^1/_2 \varphi}\\ \beta &= \frac{m_2}{m_1}\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

indem

In der Tabelle § 6 ist $\frac{q_2'}{q_2}$ für $n = 2$, $q = q^0$, $\beta = {}^1/_3$ berechnet.

§ 8. Durch das Kraftzentrum 1 werde eine Ebene senkrecht zur Bewegungsrichtung des ankommenden Elektrons gelegt, und in dieser Ebene ein Kreis mit dem Radius b^0 beschrieben. Je nachdem für das ankommende Elektron $b < b^0$ oder $b > b^0$ ist, bildet die Bewegungsrichtung desselben nach dem Stoße einen stumpfen oder spitzen Winkel mit der ursprünglichen. Im ersten Falle wird das Elektron vom Kraftzentrum reflektiert, im zweiten Falle durchgelassen. Ist b größer als ein gewisser Wert b', so wird man die Wirkung des Stoßes vernachlässigen können. Es werden also die Elektronen, für welche $b^0 < b < b'$ ist, mit Geschwindigkeitsverlust durchgelassen, und dieser ist um so kleiner, je größer b. Geht nun ein Bündel paralleler Kathodenstrahlen von gleichförmiger Strahlendichte an dem Kraftzentrum vorbei, so werden die verschiedenen Strahlen verschiedene Geschwindigkeitsverluste erfahren, aber man kann einen gewissen mittleren Geschwindigkeitsverlust angeben, und es soll vereinfachend angenommen werden,

daß alle Elektronen, für welche $b^0 < b < b'$ ist, diesen mittleren Geschwindigkeitsverlust erleiden. Wenn also ein Elektron innerhalb des mit b' beschriebenen Kreises von der Fläche $s = b'^2\pi$ an dem Kraftzentrum vorbeigeht, so erleidet es einen Stoß, trifft es den Kreis von Radius b^0 und der Fläche $s_r = b^{0\,2}\pi$, so wird es reflektiert, trifft es den Kreisring zwischen den Kreisen von den Radien b^0 und b' von der Fläche $s_d = (b'^2 - b^{0\,2})\pi$, so wird es durchgelassen, und dabei seine Geschwindigkeit im Verhältnis $1 : \delta$ verkleinert.

Unter dieser vereinfachenden Annahme können die aus der kinetischen Gastheorie geläufigen Rechnungen mit der mittleren Weglänge auf den vorliegenden Fall übertragen werden. Da die Kraftzentren als ruhend zu betrachten sind, so ist, wenn deren ν in der Raumeinheit liegen, die mittlere Weglänge der Elektronen [1])

$$l = \frac{1}{\nu . s} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (10)$$

s hängt von der Geschwindigkeit der Elektronen ab (§ 5), mithin auch l, und zwar hat man für die Weglängen l_1 und l_2, welche den Geschwindigkeiten q_1 und q_2 entsprechen, nach (5) § 5

$$\frac{l_2}{l_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^{\frac{4}{n-1}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (11)$$

Von einem Punkte 0 im Körper mögen N Elektronen von der Geschwindigkeit q_0 in der Richtung $+ z$ ausgehen. Die Zahl der in der Schicht $z, z + dz$ mit Kraftzentren zusammenstoßenden Elektronen beträgt dann [2]) $N . e^{-\frac{z}{l_0}} . \frac{dz}{l_0}$, wo l_0 die q_0 entsprechende Weglänge ist. Von diesen wird durchgelassen der Bruchteil $\theta = \frac{s_d}{s}$, wo θ von der Geschwindigkeit unabhängig ist. Die durchgelassenen Elektronen gehen weiter mit der Geschwindigkeit $q_1 = q_0 . \delta$ und der Weglänge:

$$\left.\begin{aligned} l_1 &= l_0 . \varkappa \\ \text{wo} \qquad \varkappa &= \delta^{\frac{4}{n-1}} \\ \delta &= \varkappa^{\frac{n-1}{4}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (12)$$

[1]) R. Clausius, Pogg. Ann. 105, 239, 1858.
[2]) R. Clausius, l. c.

§ 9. Von einem Punkte der Vorderfläche einer Metallplatte mögen völlig diffuse Kathodenstrahlen von der Geschwindigkeit q_0 in das Innere sich hineinbewegen, so daß, wenn $\mathfrak{N}$ Elektronen von 0 ausgehen, die Bewegungsrichtung von $\mathfrak{N} . \sin\varphi\, d\varphi$ Winkel zwischen φ und $\varphi + d\varphi$ mit der in das Innere der Platte hineingerichteten Normale bilden. Von den an die zweite Plattenoberfläche gelangenden Elektronen werden $\mathfrak{N}_0$ gar nicht, $\mathfrak{N}_1, \mathfrak{N}_2 \ldots \mathfrak{N}_n$ 1, 2...n mal mit Kraftzentren zusammengestoßen sein. Es handelt sich darum, $\frac{\mathfrak{N}_n}{\mathfrak{N}} = \gamma_n$ zu berechnen.

§ 10. Es mögen zuerst Elektronen betrachtet werden, welche senkrecht zur Plattenebene verlaufen, N sei die von 0 ausgehende Zahl derselben, die Bewegungsrichtung werde zur $+z$-Achse, der Punkt 0 zum Anfang der z genommen. Sei d die Dicke der Platte, l_0 die q_0 entsprechende Weglänge,

$$\frac{d}{l_0} = m_0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Es ist:

$$\frac{N_0}{N} = e^{-m_0}\,^{1}) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

In der Schicht $z, z + dz$ stoßen $N . e^{-\frac{z}{l_0}} . \frac{dz}{l_0}$ Elektronen mit Kraftzentren zusammen, von diesen wird der Bruchteil θ (§ 8) durchgelassen, wobei die Geschwindigkeit q_0 in $q_0 . \delta$, die Weglänge l_0 in $l_1 = l_0 . \varkappa$ übergeht (§ 8). Würden die Elektronen durch den Stoß keine Richtungsänderung erfahren, so wäre die Zahl N_1 der nach einem Stoß an die zweite Plattenoberfläche gelangenden

$$N_1 = N . \int_0^d e^{-\frac{z}{l_0}} . \frac{dz}{l_0} . \theta . e^{-\frac{d-z}{l_1}} = N . \int_0^{m_0} e^{-\mu_0} . d\mu_0 . \theta . e^{-\frac{m_0 - \mu_0}{\varkappa}},$$

wenn $\frac{d}{l_0} = m_0$ $\frac{z}{l_0} = \mu_0$ gesetzt wird.

Sei

$$M_1 = e^{-m_0} - e^{-\frac{m_0}{\varkappa}} \qquad \frac{\varkappa}{1-\varkappa} = p_1,$$

dann wird

$$N_1 = N . \theta . p_1 . M_1 \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

[1]) R. Clausius, l. c.

Hierbei sind die Elektronen vernachlässigt, welche nach ein- oder mehrmaliger Reflexion an die zweite Plattenoberfläche gelangen.

Ebenso findet man für die Zahl N_2 der nach zwei Stößen an die zweite Plattenoberfläche gelangenden Elektronen, wenn durch den Stoß keine Richtungsänderung stattfände,

$$N_2 = N \cdot \int_0^d e^{-\frac{z}{l_0}} \cdot \frac{dz}{l_0} \cdot \theta \cdot \int_0^{d-z} e^{-\frac{\lambda_1}{l_1}} \frac{d\lambda_1}{l_1} \cdot \theta \cdot e^{-\frac{d-z-\lambda_1}{l_2}}$$

wo mit λ_1 der Weg bezeichnet ist, welcher vom ersten Zusammenstoß bis zum zweiten zurückgelegt wird, und $l_2 = l_0 \cdot \varkappa^2$ die Weglänge nach zwei Stößen ist. Führt man zu den früheren die weiteren Bezeichnungen ein:

$$\frac{\lambda_1}{l_1} = \mu_1 \quad p_2 = \frac{\varkappa^2}{1-\varkappa^2} \quad M_2 = e^{-m_0} - e^{-\frac{m_0}{\varkappa^2}},$$

so wird

$$N_2 = N \cdot \theta^2 \cdot \int_0^{m_0} e^{-\mu_0} d\mu_0 \int_0^{\frac{m_0-\mu_0}{\varkappa}} e^{-\mu_1} d\mu_1 \cdot e^{-\frac{m_0-\mu_0-\mu_1}{\varkappa^2}}$$

$$= N \cdot \theta^2 \cdot p_1 \cdot (M_1 p_1 - M_2 p_2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

In ähnlicher Weise findet man N_3, $N_4 \ldots N_n$.

§ 11. Fallen die Kathodenstrahlen schief auf die Platte, indem die Strahlenrichtung den spitzen Winkel φ mit der inneren Normalen bildet, so gelten die Formeln des § 10, wenn man in ihnen d durch $\frac{d}{\cos\varphi}$, oder m_0 durch $\frac{m_0}{\cos\varphi}$ ersetzt.

§ 12. Endlich mögen (§ 9) von 0 völlig diffuse Kathodenstrahlen ausgehen. Diese Strahlen werden bei ihrem Wege durch die Platte völlig diffus bleiben, indem die Richtungsänderungen durch den Stoß ebenso in dem einen wie in dem entgegengesetzten Sinne eintreten, so daß von den Richtungsänderungen durch den Stoß hier abgesehen werden kann. Von $\mathfrak{N}$ von 0 ausgehenden Elektronen gelangen nach §§ 9 und 10

$$\mathfrak{N}_0 = \mathfrak{N} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-\frac{m_0}{\cos\varphi}} \cdot \sin\varphi \, d\varphi$$

ohne Stoß an die zweite Plattenoberfläche. Man setze:

$$\frac{m_0}{\cos\varphi} = x, \quad \sin\varphi \, d\varphi = \frac{m_0}{x^2} dx$$

und erhält: $$\mathfrak{N}_0 = \mathfrak{N} \cdot m_0 \cdot \int_{m_0}^{\infty} \frac{e^{-x}}{x^2}\, dx$$

oder durch partielle Integration:

$$\mathfrak{N}_0 = \mathfrak{N} \cdot \left(e^{-m_0} - m_0 \cdot \int_{m_0}^{\infty} \frac{e^{-x}}{x}\, dx \right).$$

Nach SCHLÖMILCH werde gesetzt:

$$Ei(-x) = \int_{\infty}^{x} \frac{e^{-u}}{u}\, du = -\int_{x}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u}\, du \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

Für diese Funktion von x, welche für positive x immer negativ ist, gibt es Tafeln, z. B. von GLAISHER [1]) solche zwischen $x = 0$ und $x = 15$. So erhält man:

$$\mathfrak{N}_0 = \mathfrak{N} \cdot [e^{-m_0} + m_0 \cdot Ei(-m_0)] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18^a)$$

Ebenso aus (15):

$$\mathfrak{N}_1 = \mathfrak{N} \cdot \theta \cdot p_1 \cdot \int_{0}^{\frac{\pi}{2}} \left(e^{-\frac{m_0}{\cos\varphi}} - e^{-\frac{m_0}{x \cos\varphi}} \right) \sin\varphi\, d\varphi$$

$$= \mathfrak{N}\theta \cdot p_1 \cdot \left[M_1 + m_0 \left\{ Ei(-m_0) - \frac{1}{x} Ei\cdot\left(-\frac{m_0}{x}\right) \right\} \right].$$

Für $\mathfrak{N}_n$, $n > 1$, finde ich schließlich folgenden Ausdruck:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\mathfrak{N}_n}{\mathfrak{N}} = \gamma_n = \theta^n \cdot p_1 \cdot \{ A_{n1}\mathfrak{M}_1 + A_{n2} \cdot \mathfrak{M}_2 + \cdots + A_{nn}\mathfrak{M}_n \cdot \} \\
&\text{wo } A_{11} = 1, \\
&A_{n1} = A_{n-1,1} \cdot p_1 - A_{n-2,1} \cdot p_1 \cdot p_2 + A_{n-3,1}\, p_1 p_2 p_3 \cdots \\
&\qquad + A_{11} \cdot p_1 p_2 \cdots p_n, \\
&A_{n2} = -A_{n-1,1}\, p_2, \quad A_{n3} = -A_{n-1,2} \cdot p_3 \cdots . \\
&\qquad A_{nn} = -A_{n-1,n-1} \cdot p_n, \\
&p_1 = \frac{x}{1-x} \quad p_2 = \frac{x^2}{1-x^2} \quad \cdots p_n = \frac{x^n}{1-x^n}, \\
&M_n = e^{-m_0} - e^{-\frac{m_0}{x^n}} \\
&\mathfrak{M}_n = M_n + m_0 \cdot \left[Ei(-m_0) - \frac{1}{x^n} \cdot Ei\left(-\frac{m_0}{x^n}\right) \right].
\end{aligned}\right\} \quad (18)$$

[1]) J. W. L. GLAISHER, Philos. Trans. of the roy. soc. of London **160**, 367, 1870.

In A_{n1} gilt das obere oder untere Zeichen, je nachdem n gerade oder ungerade ist. Die einzelnen Terme in γ_n sind abwechselnd positiv und negativ. $\mathfrak{N}_0$ ist durch (18ª) gegeben.

Anwendung auf die Beobachtungen.

§ 13. Die vorstehende Theorie läßt voraussehen, daß die aus einem Blättchen austretenden Kathodenstrahlen nicht ganz diffus verlaufen können, sondern daß bei normaler Inzidenz die Richtung der auffallenden Strahlen im durchgehenden Bündel bevorzugt sein muß, um so mehr, je kleiner m_0, also je kleiner die Dicke und je größer die Weglänge oder die Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen. In der Tat fand Herr Des Coudres[1]), daß, „je dünner die Fensterfolie, desto mehr die wenig von der Normale abweichenden Strahlen (bei normaler Inzidenz) überwiegen“. Herr Leithäuser hat auf meinen Wunsch auch einige Versuche über diesen Gegenstand gemacht und bei Aluminiumfolie von 0,0018 mm Dicke erst bei Geschwindigkeiten, welche ungefähr einem Potential[2]) von 22000 Volt entsprechen, größere Helligkeit auf dem Fluoreszenzschirm in der Richtung der Normalen bemerken können, während noch bei 16500 Volt — dem höchsten Potential, für welches die Spektren ausgemessen wurden — das durchgelassene Bündel völlig diffus verlief. Gleichwohl zeigt das diesem Potential entsprechende Spektrum, daß m_0 hier nicht sehr von 1 verschieden war, in welchem Fall nach (14), da $e^{-1} = 0{,}368$, die ohne Stoß, also ohne Richtungsänderung durchgelassenen Strahlen einen sehr erheblichen Bruchteil der auffallenden bilden. Ich schließe daraus, daß ein Metallblatt eine Rinde oder Oberflächenschicht besitzt, welche sich von dem Innern durch eine viel kleinere Beweglichkeit der Kraftzentren unterscheidet. Ist daher die Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen nicht zu groß, oder sind die Wirkungssphären jener Kraftzentren nicht zu klein (§ 5), so wird in der Oberflächenschicht eine Diffusion der Strahlen ohne merklichen Geschwindigkeitsverlust eintreten, und man hat es dann mit dem § 12 behandelten Fall zu tun.

[1]) Th. Des Coudres, Phys. ZS. 4, 140, 15. Nov. 1902.

[2]) Die Potentialdifferenz der Elektroden, bei welcher die Kathodenstrahlen erzeugt werden, möge kurz als das Potential der Kathodenstrahlen bezeichnet werden.

§ 14. Es ist noch nötig, die Durchlässigkeit D eines Blättchens zu bestimmen, d. h. $\frac{\text{Ladung der durchgegangenen}}{\text{Ladung der auffallenden}}$ Strahlen, was nur mit grober Annäherung geschehen kann.

Von N senkrecht auffallenden Elektronen wird der Bruchteil $N.R$ reflektiert. Ein dünnes, merklich durchlassendes Blättchen wird nun weniger reflektieren als eine dicke Platte. Die Reflexion von dünnen, merklich durchlassenden Blättchen gewinnt auch mit Rücksicht auf die § 13 supponierte Oberflächenschicht theoretisches Interesse und wird zur Zeit im hiesigen Institut untersucht. Vorläufig bleibt nichts übrig, als für R den von Herrn STARKE [1]) für Aluminium an dicken Platten bestimmten Wert zu setzen.

$N.(1-R)$ Elektronen treten hiernach diffus in das Innere, $\Sigma N.(1-R).\gamma_n$ (§ 12) gelangen an die zweite Plattenoberfläche, welche wieder den Bruchteil R reflektiert [2]), $1-R$ durchläßt. $N.(1-R)^2.\Sigma\gamma_n$ Elektronen treten also aus der Hinterfläche aus, und die Durchlässigkeit wird:

$$D = (1-R)^2.\sum_0^n \gamma_n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

Es fragt sich noch, bis zu welchem Wert von n die Summe zu erstrecken ist. Wenn das von den Kathodenstrahlen getroffene Blättchen über ein Galvanometer zur Erde abgeleitet wird, so zeigt dieses einen Strom an, ist das Blättchen isoliert, so lädt es sich zu wachsendem Potential. Es treten also nicht alle in die Vorderfläche eindringenden Elektronen aus der Hinterfläche aus, und es ist anzunehmen, daß sie nicht mehr austreten, wenn ihre Geschwindigkeit durch die Stöße unter einen gewissen Wert gesunken ist. Herr LEITHÄUSER konnte die Spektren nicht viel weiter beobachten, als bis zu einer Geschwindigkeit von ungefähr 0,6 der Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen, auch werden von hier an die theoretisch berechneten Werte γ_n so klein, daß wenig darauf ankommt, ob man noch etwas weiter geht. Ich

[1]) H. STARKE, Ann. d. Phys. (4) 3, 96, 1900.

[2]) Es ist hier, was auch nicht genau zutrifft, die Reflexion vom Einfallswinkel unabhängig angenommen.

breche also die Summe ab für den Wert von γ_n, welcher ungefähr der genannten Geschwindigkeit entspricht.

§ 15. Die disponiblen Konstanten der Theorie sind folgende:

1. Der Exponent n, welcher infolge der Gleichung (2) $F = \frac{\mathfrak{F}}{r^n}$ angibt, nach welchem Gesetz die Abstoßung der Kraftzentren mit wachsender Entfernung r abnimmt.

2. In der Gleichung $q_1 = q_0 \,.\, \delta$ die Größe δ, welche angibt, in welchem Verhältnis durch einen Stoß die Elektronengeschwindigkeit q verkleinert wird. Mit δ hängt infolge von Gleichung (12) $l_1 = l_0 \,.\, \varkappa$ die Größe $\varkappa$ zusammen, welche angibt, in welchem Verhältnis die Weglänge l durch einen Stoß verkleinert wird, und es ist nach (12):

$$\varkappa = \delta^{\frac{4}{n-1}}$$

3. Die Größe $m_0 = \frac{d}{l_0}$, welche angibt, wie viele Weglängen bei der Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen die Dicke des Blättchens enthält.

Durch n und δ ist θ bestimmt, d. i. das Verhältnis des durchlassenden zu dem ganzen Querschnitt der Kraftzentrums-Wirkungssphäre (§ 8). Doch ist gemäß der Einführung dieses Begriffs ein Spielraum für die Wahl von θ gegeben, da man θ größer und δ entsprechend kleiner annehmen kann.

§ 16. Zu einer Bestimmung von n gelangt man durch die Bemerkung, daß nach (18) und (19) die Durchlässigkeit eines Blättchens von seiner Dicke und von der Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen nur insofern abhängt, als durch diese Größen der Wert $m_0 = \frac{d}{l}$ bestimmt ist, wo mit l hier Kürze halber die Weglänge bezeichnet ist, welche der Geschwindigkeit q der einfallenden Strahlen entspricht. Ermittelt man also die Potentiale V_1 und V_2 der Strahlen, für welche Blättchen von den Dicken d_1 und d_2 die gleiche Durchlässigkeit zeigen, so hat m_0 für beide Blättchen den gleichen Wert, und es ist:

$$m_0 = \frac{d_1}{l_1} = \frac{d_2}{l_2} \text{ oder } \frac{d_2}{d_1} = \frac{l_2}{l_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^{\frac{4}{n-1}} [\text{Gleichg. (11)}] = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{2}{n-1}}$$

da die Geschwindigkeiten sich wie die Quadratwurzeln aus den Potentialen verhalten[1]). Mithin:

$$\frac{d_2}{d_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{2}{n-1}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (20)$$

Herr LEITHÄUSER hat nun für die von ihm benutzten Aluminiumblättchen von den Dicken $d_1 = 0{,}0018$ mm und $d_2 = 0{,}0036$ mm auf meinen Wunsch die Durchlässigkeiten für verschiedene Potentiale bestimmt. Ich gebe hier die Resultate seiner Versuche, welche er demnächst beschreiben wird:

V (Volt)	$d = 0{,}0018$ mm	$d = 0{,}0036$ mm
	D	D
11 600	0,036	—
13 000	0,095	0,018
14 000	—	0,038
15 000	0,24	0,108
16 500	0,33	—

Daraus finde ich durch Interpolation für die größere Dicke:

D	$d = 0{,}0018$ mm	$d = 0{,}0036$ mm	n ber.
	V_1	V_2	
0,036	11 600	13 900	1,522
0,095	13 000	14 800	1,377

Die letzte Kolumne gibt die nach (20) berechneten Werte von n. Die beiden Werte, der eine aus kleineren, der andere aus größeren Potentialwerten abgeleitet, weichen so voneinander ab, daß eine experimentelle Prüfung der durch (20) ausgesprochenen theoretischen Forderung in weiteren Grenzen sehr erwünscht scheint. Vorläufig rechne ich mit dem Mittelwert, setze also:

$$n = 1{,}45 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (21)$$

[1]) Herr J. J. THOMSON hat neuerdings Bedenken gegen die genaue Richtigkeit dieser Beziehung erhoben. Conduction of electricity through gases, Cambridge 1903, S. 100.

Damit erhält man aus (12):

$$\delta = \varkappa^{\frac{0{,}45}{4}} = \varkappa^{0{,}1125} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

§ 17. Um zu einer Schätzung von $\varkappa$ zu gelangen, verfuhr ich folgendermaßen: Es wurden zuerst für $\varkappa$ verschiedene Werte (0,5, 0,67, 0,75 usw.) angenommen und für verschiedene Werte von m_0 (0,5, 1, 2, 3, 4), nach (18) die γ_n, d. h. die Spektren der durchgelassenen Strahlung und nach (19) die entsprechenden Durchlässigkeiten berechnet, dabei nach Herrn STARKES Messungen am Aluminium $R = 1/4$ gesetzt (von 0,28 nach unten abgerundet, da dünne Blättchen weniger als dicke Platten reflektieren, § 14); ferner $\theta = 0{,}9$ angenommen, was

$$\frac{b^1}{b^0} = \sqrt{\frac{1}{1-\theta}} = 3{,}16$$

entspricht. Vgl. §§ 5 und 15. Das Charakteristische der von Herrn LEITHÄUSER beobachteten Spektren der durchgelassenen Strahlung besteht darin, daß die Maximalintensität im Spektrum nach der Seite der kleineren Geschwindigkeiten verschoben ist, und zwar um so mehr, je kleiner die Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen (§ 1), oder, nach der vorstehenden Theorie, je größer m_0. Die theoretisch berechneten Spektren zeigen nun für nicht zu kleines $\varkappa$ dasselbe Verhalten. Wird aber $\varkappa \lessgtr 0{,}5$ gewählt, so liegt für jedes m_0, d. h. für jede Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen die maximale Intensität am Anfang des Spektrums bei der Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen. Hieraus folgt, daß $\varkappa > 0{,}5$ und $\delta > 0{,}5^{0{,}1125}$ (Gleichung 22) oder $\delta > 0{,}93$. Der durch einen Stoß herbeigeführte mittlere Geschwindigkeitsverlust ist also kleiner als 7 Proz. Wird andererseits $\varkappa$ zu groß gewählt, so erhält man zwar Spektren, die für gewisse Werte von m_0 den LEITHÄUSERschen ähnlich sind, aber für diese Werte von m_0 wird die Durchlässigkeit größer als beobachtet. Es ergab sich schließlich, daß die Annahme

$$\varkappa = 0{,}7$$

den Beobachtungen am besten gerecht wird.

§ 18. Mit $\varkappa = 0{,}7$ finde ich folgende Werte von p_n und A_n, nach den Gleichungen (18):

$x = 0{,}7$

n	p_n	n	p_n	n	p_n
1	2,3333	5	0,2021	9	0,0421
2	0,9608	6	0,1334	10	0,0291
3	0,5221	7	0,0898	11	0,0202
4	0,3160	8	0,0612	12	0,0141

n	A_{n1}	A_{n2}	A_{n3}	A_{n4}	A_{n5}	A_{n6}	A_{n7}	A_{n8}
1	1							
2	2,3333	− 0,9608						
3	3,2025	− 2,2418	+ 0,5017					
4	3,4125	− 3,0768	+ 1,1706	− 0,1585				
5	3,1455	− 3,2787	+ 1,6066	− 0,3699	+ 0,0320			
6	2,6499	− 3,0221	+ 1,7120	− 0,5077	+ 0,0748	− 0,0043		
7	2,1058	− 2,5457	+ 1,5780	− 0,5410	+ 0,1026	− 0,0100	+ 0,0004	
8	1,6102	− 3,0230	+ 1,3292	− 0,4987	+ 0,1094	− 0,0137	+ 0,0009	− 0.0000
9	1,2002	− 1,5470	+ 1,0583	− 0,4201	+ 0,1008	− 0,0146	+ 0,0012	− 0,0000
10	0,8796	− 0,1532	+ 0,8078	− 0,3338	+ 0,0849	− 0,0134	+ 0,0013	− 0,0001
11	0,6374	− 0,8451	+ 0,6021	− 0,2553	+ 0,0675	− 0,0113	+ 0,0012	− 0,0001
12	0,4583	− 0,6124	+ 0,4413	− 0,1903	+ 0,0516	− 0,0090	+ 0,0010	− 0,0001

A_{n9} fällt schon außerhalb des zu berücksichtigenden.

Mit diesen Werten wurden nach (18) und (19) die Durchlässigkeiten D für $m_0 = {}^1/_2$, 1, 2, 3, 4 berechnet und aus der D—m_0-Kurve durch Interpolation die Werte von m_0 bestimmt welche den bei den verschiedenen Spektralversuchen beobachteten Durchlässigkeiten entsprechen. Die Potentiale bei diesen Versuchen sind nicht ganz dieselben wie die, für welche Herr LEITHÄUSER die Durchlässigkeiten direkt gemessen hat (§ 16). Für die erstgenannten Potentiale, nämlich für

$$V = 16500 \quad 14000 \quad 13000 \quad 12000 \text{ Volt}$$

finde ich durch Interpolation

$$D = 0{,}33 \quad 0{,}168 \quad 0{,}095 \quad 0{,}0053$$

und dafür aus der $D - m_0$-Kurve

$$m_0 = 0{,}82 \quad 1{,}82 \quad 2{,}4 \quad 3{,}0.$$

Für diese Werte von m_0 wurden wiederum aus (18) und (19) γ_n und D berechnet. Dabei ergaben sich für $\mathfrak{M}_n$ folgende Werte:

	$\varkappa = 0{,}7$			
n	$\mathfrak{R}_n(m_0 = 0{,}82)$	$\mathfrak{R}_n(m_0 = 1{,}82)$	$\mathfrak{R}_n(m_0 = 2{,}4)$	$\mathfrak{R}_n(m_0 = 3)$
0				
1	0,0796	0,03001	0,01613	0,00828
2	0,1373	0,04288	0,02132	0,01048
3	0,1720	0,04724	0,02237	0,01064
4	0,1885	0,04728	0,02446	⋮
5	0,1936	⋮	⋮	⋮
6	0,1947	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
∞	0,1947	0,04728	0,02446	0,01064

Aus $\varkappa = 0{,}7$ folgt nach (22):

$$\delta = 0{,}7^{0{,}1125} = 0{,}962 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22\,a)$$

Die Geschwindigkeit nach n Stößen ist:

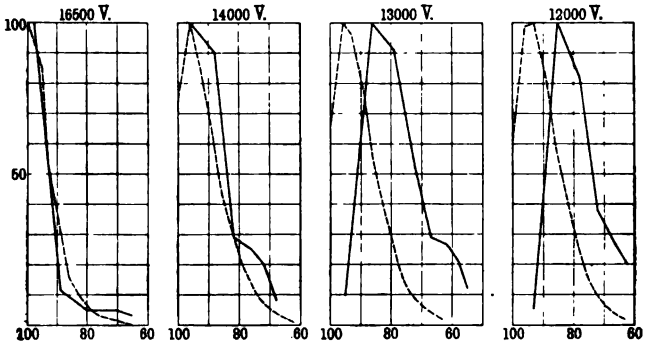
$$q_n = q_0 \,.\, \delta^n = q_0 \,.\, (0{,}962)^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

		$\varkappa = 0{,}7 \quad \theta = 0{,}9$							
		$m_0 = 0{,}82$		$m_0 = 1{,}82$		$m_0 = 2{,}4$		$m_0 = 3$	
n	q_n	γ_n	γ_n rel.	γ_n	γ_n rel.	γ_n	γ_n rel.	γ_n	γ_n rel.
0	100	0,1947	100	0,0473	75	0,02246	66	0,01064	61
1	96	0,1672	86	0,0630	100	0,03387	100	0,01739	99
2	93	0,1017	52	0,0544	86	0,03243	96	0,01748	100
3	89	0,0568	29	0,0403	64	0,02562	76	0,01420	81
4	86	0,0315	16	0,0280	44	0,01847	55	0,01038	59
5	82	0,0179	9	0,0189	30	0,01260	37	0,00713	41
6	79	0,0102	5	0,0125	20	0,0842	25	0,00476	27
7	76	0,0060	3	0,0083	13	0,0551	16	0,00309	18
8	73	0,0036	1,8	0,0053	8,4	0,0354	10	0,00200	11
9	70	0,0023	1,2	0,0035	5,6	0,0228	7	0,00129	7
10	68	0,0014	0,7	0,0022	3,5	0,0147	4	0,00084	5
11	65	0,0009	0,5	0,0014	2,2	0.0093	3	0,00053	3
12	63	0,0005	0,3	0,0009	1,4	0,0060	2	0,00033	2
	$\Sigma\gamma_n$	0,5947		0,2860		0,1683		0,0904	
$D=(1-R)^2$									
	$.\,\Sigma\gamma_n$	0,3345		0,161		0,0947		0,0506	
	beob.	0,33		0,168		0,095		0,053	

§ 19. Die vorstehende Tabelle enthält das Endresultat der Rechnung, nämlich in der ersten die Anzahl n der Stöße, in der zweiten die nach (23) und (22a) berechnete Geschwindigkeit, die der auffallenden Strahlen = 100 gesetzt; in der dritten die nach (18) berechneten Werte von γ_n, d. i. den Bruchteil der einfallenden Elektronenzahl, welcher nach n Stößen durchgelassen wird; in der vierten endlich die relativen Elektronenzahlen im Spektrum, indem die maximale Zahl = 100 gesetzt ist.

Fig. 3 enthält die graphische Darstellung der von Herrn LEITHÄUSER beobachteten (ausgezogen) und der theoretisch berechneten Spektren (gestrichelt). Abszissen sind die Geschwindigkeiten, Ordinaten die Stromstärken im Spektrum, indem die maximale Stromstärke = 100 gesetzt ist. Die Ähnlichkeit der beobachteten mit den berechneten Kurven springt in die Augen.

Fig. 3.



Doch zeigt sich eine systematische Abweichung insofern, als zwar in beiden Kurven die maximale Stromstärke im Spektrum um so mehr nach den kleineren Geschwindigkeiten verschoben ist, je kleiner die Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen, aber die Verschiebung bei den beobachteten Kurven erheblich größer ist als bei den berechneten. Diese Diskrepanz vermag ich nicht zu beseitigen. Siehe § 4.

§ 20. Die folgende Tabelle enthält die Potentiale, welche nach den Ergebnissen des Herrn LEITHÄUSER den gefundenen m_0-Werten bei einem 0,0018 mm dicken Aluminiumblättchen entsprechen.

m_0	V beob.	V ber.
0,82	16 500	—
1,82	14 000	13 800
2,4	13 000	12 960
3,0	12 000	12 330

Dies führt auf eine Prüfung für die Richtigkeit des § 16 gefundenen Wertes $n = 1{,}45$. Sind nämlich m_0 und m_0' die m_0-Werte für die Potentiale V und V' bei der gleichen Blättchendicke, so liefert Gleichung (11), da die Potentiale sich wie die Quadratwurzeln aus den Geschwindigkeiten, die m_0-Werte bei der gleichen Dicke sich umgekehrt wie die Weglängen verhalten:

$$\frac{V'}{V} = \left(\frac{m_0}{m_0'}\right)^{\frac{n-1}{2}} = \left(\frac{m_0}{m_0'}\right)^{0{,}225} \quad \cdots\cdots \quad (24)$$

Die dritte Kolumne enthält die hiernach berechneten Potentialwerte, welche mit den beobachteten ganz gut übereinstimmen.

Dieselbe Formel liefert, wenn man den für $m_0 = 0{,}82$ bei der Blättchendicke 0,0018 mm beobachteten Potentialwert 16 500 Volt zugrunde legt:

für $m_0 =$	1	2	3	4	
$V =$	15800	13500	12330	11550	Volt.

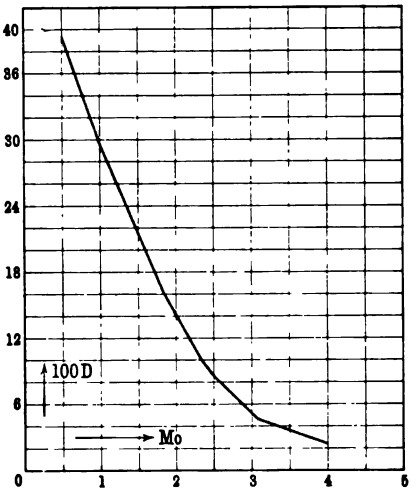
Kathodenstrahlen, welche bei einem Entladungspotential von 15800 Volt entstehen, haben demnach im Aluminium eine mittlere Weglänge der Elektronen von 0,0018 mm. Geht das Potential auf 11550 Volt herab, so sinkt die Weglänge bereits auf den vierten Teil, d. i. 0,00045 mm. Die mittlere Weglänge der Luftmolekeln in der Atmosphäre beträgt unter den bei uns gewöhnlichen Umständen ungefähr 0,0001 mm.

§ 21. Berechnung der Durchlässigkeit. Die folgende Tabelle enthält die sämtlichen für $\varkappa = 0{,}7$, $\theta = 0{,}9$ nach (18) und (19) von mir berechneten zusammengehörigen Werte von m_0 und D.

m_0	0,5	0,82	1	2,82	2	2,4	2,5	3	3,1	4
D	0,395	0,335	0,293	0,161	0,14	0,0947	0,0836	0,051	0,0465	0,0261

In Fig. 4 ist D in Prozenten als Funktion von m_0 hiernach dargestellt. Um mittels dieser Werte die Durchlässigkeit eines Aluminiumblättchens von d mm Dicke für Kathodenstrahlen vom Potential V zu finden, berechnet man zuerst:

Fig. 4.



$$m_0 = \frac{d}{0{,}0018}\left(\frac{15800}{V}\right)^{4{,}45}$$

und entnimmt alsdann die Durchlässigkeit D aus der Tabelle oder der $D - m_0$-Kurve. Es ist hierbei zu bedenken, daß der zugrunde gelegte Wert von R nach § 14 zu groß ist.

§ 22. Zusammenfassend kann man sagen, daß nach der hier vorgetragenen Theorie

1. die Kraftzentren im Aluminium auf die Elektronen abstoßend wirken mit einer Kraft, welche der 1,45ten Potenz der Entfernung umgekehrt proportional ist,

2. daß ein Elektron bei einem Zusammenstoß mit einem Kraftzentrum im Aluminium durchschnittlich 4 Proz. seiner Geschwindigkeit einbüßt,

3. daß die mittleren Weglängen der Elektronen (§ 8) im Aluminium sich wie die 8,9ten Potenzen der Geschwindigkeiten verhalten, und daß die mittlere Weglänge für die dem Entladungspotential von 15800 Volt entsprechende Geschwindigkeit 0,0018 mm beträgt.

Alle diese Angaben, von denen den unter 2. und 3. gemachten die Annahme zugrunde liegt, daß der durchlassende zum ganzen Querschnitt der Kraftzentrumswirkungssphäre sich wie 9 : 10 verhält, sind als rohe Schätzungen anzusehen, sekundäre Emission ist nicht berücksichtigt (§ 4).

§ 23. Die gegebene Theorie läßt sich natürlich auch auf die Reflexion der Kathodenstrahlen anwenden[1]). Doch muß hier die

[1]) Andere Theorien der Reflexion haben Herr J. Stark, Phys. Zeitschr. 3, 161—167, 1901 und Herr J. J. Thomson, Conduction of electr. through gases, S. 509, gegeben.

§ 13 supponierte Oberflächenschicht eine wichtige Rolle spielen, und es ist daher abzuwarten, ob die Annahme einer solchen Schicht durch weitere Versuche gestützt wird oder nicht.

Doch möge folgende Betrachtung hier Platz finden. Wir sehen hier zunächst von einer Oberflächenschicht ab und untersuchen die Reflexion durch einmaligen Stoß im Inneren für normal auffallende Strahlen. Bei der Bezeichnung des § 10 stoßen in der Schicht z, $z + dz$ von N auffallenden Elektronen

$$N . e^{-\frac{z}{l_0}} \frac{dz}{l_0}$$

mit Kraftzentren zusammen. Von diesen wird der Bruchteil $\frac{s_r}{s}$ zurückgeworfen, wo $\frac{s_r}{s}$ das Verhältnis des reflektierenden zum ganzen Querschnitt der Wirkungssphäre bezeichnet. Wir wollen hier annehmen — was für ein Kraftzentrum nicht genau zutrifft —, daß in dem reflektierten Bündel jede Richtung gleich wahrscheinlich sei. Dann wird der Bruchteil $\sin\varphi \, d\varphi$ in Richtungen zurückgeworfen, welche Winkel zwischen φ und $\varphi + d\varphi$ mit der nach außen gerichteten Normalen der reflektierenden Ebene bilden. Unter dieser Annahme findet man die Zahl der Elektronen N_1, welche nach einmaligem Stoß an die reflektierende Oberfläche einer dicken Platte zurückgelangen,

$$N_1 = N . \frac{s_r}{s} \int_0^\infty e^{-\frac{z}{l_0}} \frac{dz}{l_0} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\varphi \, d\varphi \, e^{-\frac{z}{\varkappa l_0} \cdot \frac{1}{\cos\varphi}} .$$

oder durch die Substitution

$$\frac{z}{l_0} = \mu_0 \quad \varkappa \cos\varphi = u,$$

$$N_1 = N . \frac{s_r}{s} \cdot \frac{1}{\varkappa} \cdot \int_0^\infty e^{-\mu_0 \cdot \frac{u}{1+u}} \int_0^\varkappa du.$$

Führt man zuerst die Integration nach μ_0 aus, so ergibt sich:

$$N_1 = N . \frac{s_r}{s} \left\{ 1 - \frac{log(1+\varkappa)}{\varkappa} \right\}$$

unabhängig von der mittleren Weglänge, also unabhängig von der Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen. Dies würde den

Beobachtungen des Herrn STARKE [1]) entsprechen, welcher den Reflexionskoeffizienten unabhängig von der Geschwindigkeit der auffallenden Strahlen fand.

Ist nun eine Oberflächenschicht vorhanden, so werden die Wirkungssphären der Kraftzentren gegenüber langsameren Strahlen größer sein als gegenüber geschwinderen, so daß die langsameren Strahlen von der Oberflächenschicht in größerer Menge reflektiert werden als die geschwinderen. Von letzteren wird ein größerer Bruchteil in das Innere gelangen, dort mit Geschwindigkeitsverlust reflektiert werden, an die Oberfläche zurückkehren und dort teilweise durchgelassen werden.

Demnach würde eine Oberflächenschicht sich vielleicht dadurch zu erkennen geben, daß im Spektrum der reflektierten Strahlen die Geschwindigkeit der auffallenden um so mehr vorwiegt, je kleiner deren Geschwindigkeit ist. Welchen Einfluß eine Oberflächenschicht auf die ganze reflektierte Menge haben wird, läßt sich vorläufig nicht übersehen.

§ 24. Ich bin zum voraus überzeugt, daß die vorgetragene Theorie im besten Falle sich nur teilweise bestätigen wird. Doch glaube ich, daß sie zu Fragestellungen führt, welche dem Experiment zugänglich sind und deren Beantwortung zur Klärung des Gegenstandes beitragen kann, und in dieser Hoffnung allein habe ich mir erlaubt, die Theorie hier mitzuteilen.

---

[1]) H. STARKE, l. c. S. 100.

Berlin, Physikalisches Institut, Januar 1904.

Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme; *von H. Starke.*

(Vorgetragen in der Sitzung vom 8. Januar 1904.)

(Vgl. oben S. 1.)

I. Erwiderung auf die Bemerkungen des Hrn. E. Marx.

Untersuchungen über die Flammenleitung, welche ich zugleich mit Betrachtungen über andere Fälle von Gasleitung in diesen Berichten [1]) veröffentlicht habe, hatten mich unter anderem zu einem Resultat geführt, welches mit bisherigen Ansichten anderer Beobachter im Widerspruch steht. Dieses Resultat ist kurz dahin auszusprechen, daß bei der inneren Flammenleitung, d. h. bei der Stromleitung zwischen zwei Elektroden, welche sich in dem eigentlichen Ionisationsherd, d. h. in der Flamme selbst befinden, die Anode einflußlos ist. Es widerspricht dieses Resultat demjenigen anderer Beobachter, insbesondere des Herrn E. Marx, welcher gefunden zu haben meint, daß die Temperatur der Anode auf Stromstärke und Potentialverlauf Einfluß hat. Gefolgert wird dieser Einfluß aus dem leicht anzustellenden Experiment, daß der Potentialfall, welcher, falls beide Elektroden sich in der Flamme befinden, fast ausschließlich sich an der Kathode befindet, an der Kathode abnimmt und dafür teilweise an der Anode auftritt, sobald man die obere als Anode dienende Elektrode nach oben hin entfernt, so daß sie nur noch schwach rot glüht. Dieses Experiment erklärte ich damals als nicht beweisend für einen Temperatureinfluß, weil durch das gleichzeitige Entfernen der Anode aus dem eigentlichen Flammeninnern ganz andere Versuchsverhältnisse geschaffen werden. In der Flamme selbst haben nämlich die Ionen eine außerordentlich viel größere Beweglichkeit als außerhalb derselben. Während sich die Flammenionen bei Zimmertemperatur mit einer sehr geringen, für positive und negative Ionen nicht sehr verschiedenen Geschwindigkeit bewegen, ist ihre

[1]) Verh. d. D. Phys. Ges. 5, 372, 1903.

Beweglichkeit bei den hohen Temperaturen in der Flamme eine sehr große, zugleich auch sehr verschiedene für beide Ionenarten, indem die Beweglichkeit des negativen Ions etwa zwanzigmal größer ist als die des positiven. Wenn man aber die aus feinen Drähten bestehende Anode an Stellen über die Flamme bringt, wo sie nur noch schwach rot glüht, dann sind verschiedene Teile des Leitungsraumes so verschieden temperiert, daß man allerhand verschiedene Ionenbeweglichkeiten in ihm vertreten sieht. Einen solchen Zustand charakterisierte ich als mit unreinen Versuchsbedingungen behaftet. Herr E. MARX hat im vorigen Heft der Verhandlungen[1]) eine Gegenschrift veröffentlicht, in welcher er zu beweisen sucht, daß die Temperatur der Anode doch den von ihm genannten Einfluß besitzt. Es behauptet dabei Herr MARX: 1. Wenn beide Elektroden in der Flamme sich befänden, so überwiege die negative Stromstärke die positive so bedeutend, daß eine Änderung der letzteren auf das selbst Tausendfache nicht bemerkt werden könne. 2. Den Einfluß der Temperatur und die Belanglosigkeit der Entfernung der Anode beweise eine zitierte Tabelle des Herrn H. A. WILSON, welche zeigt, daß, wenn auch die Anode so weit entfernt wird, daß sie nicht mehr glüht, und dadurch der Strom auf einen geringen Bruchteil seiner ursprünglichen Stärke herabsinkt, derselbe bei elektrischem Glühen der Anode sofort den gleichen Wert annimmt, wie wenn sich die Anode in der heißen Flamme befindet.

Meiner Ansicht nach ist Behauptung 1 unrichtig, und zeugt Behauptung 2 von einer fehlerhaften Auffassung WILSONscher Resultate. Dies zu zeigen ist der Zweck der folgenden zu meiner Rechtfertigung unternommenen Ausführungen.

Die genannte erste Behauptung des Herrn MARX lautet wörtlich zitiert:

„Wir halten es" — nämlich das Experiment, welches zeigt, daß, sobald beide Elektroden in der Flamme sich befinden, die Größe und die Temperatur der Anode gleichgültig für Strom und Potentialgefälle ist — „aber aus dem trivialen Grunde nicht für beweisend für die Frage der Ionenerzeugung in der Flamme, weil eine Größe, die als integrierender Bestandteil von der dritten

[1]) Verh. d. D. Phys. Ges. 5, 441, 1903.

Größenordnung ist, auch dann noch außerhalb des Beobachtungsbereiches fällt, wenn sie zweiter Ordnung wird, wir aber bereits die zweite Ordnung nicht mehr beobachten können.

Sobald zwei Elektroden in der Flamme sind, und es liegt mehr als der Bruchteil von einem Volt an den Elektroden, so entsteht ein Potentialgefälle an der Kathode, das das Vieltausendfache des Gefälles an der Anode ist. Die negativen Ionen wandern im Gefälle Eins im Mittel (Konzentration!) zehnmal schneller als die positiven. Der Strom setzt sich additiv aus beiden Ionengeschwindigkeiten zusammen; betrug, um den Fall zu fixieren, das Gefälle an der Kathode das 10^6fache desjenigen der Anode, so ist der integrierende Bestandteil der negativen Ionen in bezug auf den Strom (von Beschleunigungen abgesehen) das 10^7fache des positiven; bei einer Genauigkeit der Strommessung von 0,1 Prom. kann sich also die positive Ionenproduktion um das 1000fache ändern, ohne bemerkbar zu werden.

Bei einer Experimentalanordnung, bei der eben der Strom keine Funktion der Anzahl der positiven Ionen ist, kann man natürlich auch bei Änderung der Anzahl keinen Einfluß erwarten."

Herr MARX übersieht hierbei ganz, daß wir es hier mit dem sogenannten Sättigungsstrom zu tun haben, dessen Stärke von der Geschwindigkeit der Ionen gar nicht abhängt. Die Geschwindigkeit der Ionen ist für die Stärke des Sättigungsstromes vielmehr vollkommen gleichgültig, und nur die Anzahl pro Sekunde erzeugter Ionen ist maßgebend. Wegen der sehr großen Beweglichkeit der negativen Ionen ist der Sättigungsstrom, sobald beide Elektroden sich in der heißen Flamme befinden, bereits für sehr geringe Potentialdifferenzen zwischen denselben erreicht. (Siehe die Betrachtung gegen Ende der Mitteilung.)

Der negative Strom ist also durchaus nicht von höherer Größenordnung als der positive, sondern er ist ihm gleich, solange aus der Kathode keine negativen Ionen abgegeben werden, was bei nichtglühender Kathode wohl zutrifft.

Nun zu der weiteren Behauptung. Herr MARX fährt fort: „Es gibt aber Mittel, die Experimentalanordnung so zu treffen, daß der Strom eine Funktion der Anzahl der ihn mittragenden positiven Ionen wird, und zwar ist eines dieser Mittel das zuerst von Herrn H. A. WILSON und nachher zu anderem Zweck von mir

benutzte. Sowie man die Elektrodenentfernung zweier übereinander liegenden Elektroden ändert, werden die positiven Ionen von Einfluß. Hierbei ändert man allerdings gleichzeitig zwei Parameter, Temperatur t und Entfernung r" usw.

Diese gleichzeitige Änderung zweier Größen, Temperatur und Elektrodenabstand, zu rechtfertigen, gibt Herr MARX eine Tabelle der WILSONschen Arbeit an. Die Zahlen dieser Tabelle besagen folgendes: Besteht zwischen den in der Flamme befindlichen Elektroden eine größere Potentialdifferenz (im WILSONschen Versuch 360 Volt), so erhält man einen gewissen Strom, welcher der Sättigungsstrom ist. Entfernt man jetzt die als Anode dienende obere Elektrode immer mehr nach oben, so daß sie immer schwächer und schwächer, zuletzt gar nicht mehr glüht, d. h. entfernt man die Anode aus dem eigentlichen Flammenkegel[1]), so nimmt der Strom rapide ab, und zugleich tritt auch, wie andere Versuche zeigen, ein Potentialgefälle an der Anode auf. Wird jetzt aber die Anode elektrisch hellrot geglüht, so steigt der Strom auf seinen alten Wert, und das Gefälle an der Anode verschwindet wieder. Herr MARX schließt hieraus: „Bei der gleichzeitigen Änderung von Elektrodenentfernung und Temperatur ist die Entfernung so lange unwesentlich, als die entfernte Elektrode die Flamme berührt. (?) Bei Sinken der Temperatur der Anode nimmt die positive Elektrizität in der Flamme ab, während die negative wächst. Es ist also die in der Flamme vorhandene positive Ionenmenge eine Funktion der Temperatur der Elektroden."

Dies erklärte ich und erkläre es noch für irrtümlich. Mir scheint ganz im Gegenteil die WILSONsche Tabelle ein Beweis mehr dafür zu sein, daß die Anode positive Ionen nicht hergibt. Herr MARX scheint zu übersehen, daß es sich hier nur um den Sättigungsstrom handelt, was Herr WILSON wohl erkannt hat, indem er als Schlußfolgerung aus dieser Tabelle angibt: „So scheint es, daß Erhitzen der oberen Elektrode (Anode) den Strom be-

[1]) WILSON entfernte die Anode wirklich aus der Flamme, wie man aus der von ihm beigegebenen Figur ersehen kann. Was Herr MARX damit meint, er nehme die Anode nicht aus der Flamme, sondern nehme sie als „Begrenzung der Flamme", verstehe ich nicht. Ein aus feinem Platindraht hergestelltes Netz kann sich, wenn es, nach oben hin entfernt, nur noch ganz schwach glüht, nicht mehr im Flammenkegel befinden.

fähigt, seinen Sättigungswert mit viel kleineren elektromotorischen Kräften zu erlangen, als sie notwendig sind, wenn die Elektrode nicht besonders erhitzt wird." Dieser Versuch erklärt sich also nicht, wie Herr MARX meint, und wie übrigens auch Herr WILSON gelegentlich aus ihm schließt, durch eine Produktion positiver Ionen aus der Anode heraus, sondern einfach dadurch, daß der Sättigungsstrom durch das Glühen wieder hergestellt wird.

Wegen der sehr viel geringeren Beweglichkeit der negativen Ionen außerhalb der Flamme hört also bei Herausrücken der Anode aus der Flamme der eine Vereinfachung der Verhältnisse bedingende „Sättigungsstrom" auf, die Beweglichkeit der Ionen ist an jeder Stelle des Leitungsraumes verschieden, ebenso auch die Ionenproduktion, die beide in der Flamme selbst am größten sind. Man erhält komplizierte, man kann wohl sagen „unreine Versuchsbedingungen". Dieselben können, wenn die Anode nicht zu weit von der Flamme entfernt ist, zum Teil wieder rückgängig gemacht, wenigstens der Sättigungsstrom kann wieder erreicht werden, wenn man das Gas nahe der Anode, z. B. durch Glühen der letzteren, erhitzt.

Einige Versuche, die ich anstellte, und welche die Richtigkeit dieser Erklärung der genannten WILSONschen Experimente meiner Meinung nach beweisen, seien angegeben: Der Brenner ist Kathode, ein elektrisch zu glühender Platindraht, der über ein d'ARSONVAL-Galvanometer ($w = 10000$ Ohm) zur Erde geleitet ist, Anode. Der Brenner wird mit einer Batterie kleiner Akkumulatoren negativ auf ein ziemlich hohes Potential (— 410 Volt) geladen. Ist die Anode in der Flamme, so zeigt das Galvanometer einen Ausschlag von etwa 200 Skalentln. Wird jetzt der Anodendraht nach oben oder wegen konstanterer Ablesungen besser seitlich aus der Flamme entfernt, so bleibt der Strom erst eine Weile von gleicher Größe, auch wenn der Draht bereits 2 bis 3 mm seitlich vom Flammenrande steht und gar nicht glüht. Es ist noch der Sättigungsstrom. Glühen des Drahtes ist von keiner Stromänderung begleitet. Bei weiterer Entfernung des Drahtes nimmt der Strom rapide ab, hat bei 6 mm Entfernung etwa nur noch ein Viertel seines Wertes. Erhitzung des Drahtes auf helle Glut bringt den Strom annähernd auf den vorigen Sättigungswert von 200 Skalentln. zurück. Bringt man den nichtglühenden Draht auf

etwa 2 mm Entfernung zurück, so nimmt der Strom auch den Sättigungswert von 200 Skalentln. an und Glühen ist wieder ohne Einfluß. Wird jetzt die Potentialdifferenz zwischen Brenner und Anode erniedrigt, auf etwa 68 Volt, so sinkt der Strom bedeutend. Glüht man jetzt, so nimmt der Strom sogleich stark zu auf einen Sättigungswert von etwa 150 Skalentln., den man auch erhält, wenn man den Draht, anstatt ihn elektrisch zu glühen, in die Flamme oder auch nur sehr nahe an dieselbe bringt. 68 Volt waren eben nicht mehr zur Erzeugung des Sättigungsstromes bei einer Entfernung von 2 mm zwischen Anode und Flammenrand ausreichend; dazu bedarf es höherer Spannung.

Daß es nicht die Temperatur der Anode ist, auf die es ankommt, sagt erstens schon der Umstand, daß es auf die Höhe der Temperatur genauer nicht ankommt. Erforderlich ist nur, daß die Temperatur hoch genug ist, um das Gas so weit zu erhitzen, daß bei der vorhandenen Potentialdifferenz und bei dem bestehenden Abstand der Anode der Sättigungsstrom erreicht wird. Eine kleinere Temperaturerhöhung vergrößert auch den Strom, aber weniger; eine stärkere Erhitzung ändert nichts mehr. Einen direkten Beweis dafür, daß es die Erhitzung des Gases ist, glaube ich in folgendem von mir ausgeführten Experiment sehen zu sollen: Versuchsanordnung wie vorher, nur daß Anode jetzt ein dickerer Draht ist. Derselbe wurde seitlich soweit (einige Millimeter) vom Flammenrande entfernt, daß der Strom auf einen geringen Bruchteil seines Sättigungswertes sank. Wurde jetzt unterhalb der Anode ein größeres, dünnes Platinblech angebracht, so änderte sich zunächst nichts. Sobald jetzt aber das Platinblech geglüht wurde, stieg der Strom auf annähernd denselben Wert, den er annahm, wenn der Anodendraht in die Flamme gebracht wurde. Die Anode glühte dabei gar nicht. Nur die Erhitzung des umgebenden Gases hatte den Effekt.

Mit obigen Ausführungen ist, glaube ich, nachgewiesen, daß ich, entgegen den sehr heftigen Bemerkungen des Herrn Marx, voll und ganz meine Behauptung aufrecht erhalten darf, daß bei der Flammenleitung die Temperatur der Anode gleichgültig ist.

In der zitierten Arbeit hatte ich ferner die Bemerkung gemacht, daß es wegen der Kompliziertheit der Versuchsbedingungen

bedenklich erscheinen muß, für eine Messung des Halleffektes die Anode an Stellen niederer Temperatur zu bringen. Herr MARX hat Versuchsresultate erbracht von einer Genauigkeit, wie ich sie nicht erwartet hätte, so daß es fast den Anschein hat, als ob die Kompliziertheit des Strömungsvorganges ohne Einfluß geblieben ist. Mir fehlt bisher noch ein Urteil darüber.

II. Über die Natur der Flammenleitung.

Im folgenden möchte ich mir erlauben, zusammenfassend meine Ansicht über den Vorgang bei der Flammenleitung darzulegen. Es soll der Fall behandelt werden, es befänden sich zwei nichtglühende Elektroden in der eigentlichen Flamme. Meine Ansicht ist dann, es findet die Ionisation im ganzen Volumen der Flamme statt, keine Ionisation an den Elektroden. Die große Geschwindigkeit der negativen Ionen bewirkt, daß das Potentialgefälle zu seinem größten Teil sich an der Kathode befindet, und daß die negativen Ionen bereits durch ein schwaches elektrisches Feld, bevor sie sich rekombinieren können, herausgeschafft, also alle entstehenden negativen Ionen zur Stromleitung verwendet werden, d. h. daß bereits für kleine elektromotorische Kräfte der Sättigungsstrom erreicht wird. Wenn diese Anschauung vollständig richtig ist, dann sollte 1. der Strom der Elektrodendistanz etwa proportional sein, 2. der Strom mit wachsender EMK nicht mehr wachsen. Beidem widerspricht aber das Experiment, indem sich nämlich zeigt, daß 1. der Strom unabhängig von der Elektrodendistanz ist, 2. der Strom mit wachsender EMK stetig zunimmt, derart, daß beide Größen ungefähr durch die Beziehung verbunden sind:

$$J = J' + kE.$$

Diese Gleichung zeigt, daß der Strom, welcher bei höherer EMK durch die Flamme fließt, aus zwei Teilen besteht, einem Teil, welcher von der EMK unabhängig ist, einem anderen, welcher ihr proportional wächst.

Beide Erfahrungstatsachen hat man als Beweise dafür geltend gemacht, daß die Ionen bei der Flammenleitung nicht in dem ganzen Volumen der Flamme, sondern an der Oberfläche der Elektroden entstehen. Dann muß der Sättigungsstrom offenbar

unabhängig vom Elektrodenabstand sein, und es muß, wenn in den beiden Elektroden anliegenden Gasschichten die Ionisierung stattfindet (also nicht die Ionen, wie etwa die photoelektrischen, aus den Elektroden kommen) und die negativen Ionen eine andere Geschwindigkeit besitzen als die positiven, zwei Sättigungszustände für zwei verschiedene Potentiale geben. Sind z. B. die negativen Ionen die schnelleren, so wird erst in der Ionisirungsschicht an der Kathode Sättigung, d. h. Aufhören von Rekombinationen eintreten, und erst später bei höheren Potentialen wird der Sättigungszustand für die Schicht an der Anode erreicht sein.

Der Annahme, daß nur von der Kathode kommende negative Teilchen die Leitung übernehmen, widerspricht der Potentialverlauf, welcher auf das Vorhandensein freier positiver Elektrizität im Flammeninnern deutet. Nur an der Anode entstehende positive Teilchen vermitteln die Leitung sicherlich auch nicht; denn es müßte in diesem Fall der Zustand der Anode von Einfluß sein. Es bleibt also bei Annahme einer Ionisation an den Elektrodenoberflächen nur die Möglichkeit, daß an beiden Elektroden Ionisation stattfindet, und die negativen Ionen eine viel größere Geschwindigkeit haben. Dieses ist die Meinung, welche J. J. Thomson und H. A. Wilson vertreten, und die meisten Erscheinungen stehen auch damit in Einklang. 1. Die Unabhängigkeit des Stromes vom Elektrodenabstand; 2. das Weiterwachsen des Stromes mit der EMK; 3. die Potentialverteilung. Indessen sind doch gewichtige Gründe vorhanden, welche meines Erachtens diese Erklärung nicht zugeben. Erstens: Das Weiterwachsen des Stromes mit der EMK nach Erreichung des ersten Sättigungswertes ist nach dieser Erklärung veranlaßt durch eine Mehranteilnahme von positiven Ionen am Strom, welche von der Anode kommen sollen. Dann müßte aber bei höheren Potentialen, bei welchen der Strom bereits viel stärker als der erste Sättigungsstrom ist, die Temperatur der Anode in Betracht kommen. Dies ist nicht der Fall. Dann aber zweitens scheint mir ganz besonders der Umstand gegen eine Oberflächenionisation zu sprechen, daß der Charakter der Flammenleitung ja gar nicht von Natur und Zustand der Elektroden beeinflußt wird, sondern die Erscheinungen auch bei kalten Elektroden im wesentlichen die gleichen bleiben, an welchen eine Ionisierung anzunehmen gar kein Grund vor-

handen ist. Ich glaube demnach mit Bestimmtheit, daß die Ionenerzeugung im ganzen Flammeninnern zustande kommt.

Wie sind nun die oben erwähnten beiden Tatsachen — Unabhängigkeit des Stromes vom Elektrodenabstand und dauerndes Weiterwachsen des Stromes mit der EMK — mit dieser Annahme vereinbar?

Ursprünglich hatte ich mir folgende Meinung darüber gebildet, deren Einführung in die THOMSONsche Theorie ein Novum bedeutet hätte. Ich nahm an, die Ionenerzeugung pro Zeiteinheit an einer Stelle hinge ab von der Anzahl an dieser Stelle bereits vorhandener, und zwar so, daß sie um so größer wäre, je weniger Ionen sich an der betreffenden Stelle befinden. Dann würde die hauptsächlichste Ionenerzeugung in dem großen Gefälle an der Kathode vor sich gehen, der Strom im wesentlichen durch negative Ionen getragen werden, indessen der Potentialverlauf durch die langsam sich bewegenden und daher in größerer Dichte vorhandenen positiven Ionen bedingt sein. Diese Ansicht habe ich vor nicht langer Zeit verlassen zugunsten einer anderen, mit welcher ich bestimmt glaube das Richtige getroffen zu haben, obwohl sie, soviel ich weiß, auch eine bisher nicht berücksichtigte Erweiterung der THOMSONschen Theorie bedeutet. Ich nehme dabei an, daß in Wirklichkeit nur im ersten Moment des Anlegens der Potentialdifferenz im ganzen Leitungsraum der Sättigungszustand besteht. Die große Geschwindigkeit der negativen Ionen bewirkt sogleich, daß fast das ganze Gefälle an die Kathode rückt, und im übrigen Flammenraum das Gefälle nur mehr ganz klein bleibt. Sobald diese Potentialverteilung erreicht ist, befindet sich ein Sättigungszustand nur mehr dicht an der Kathode, wo die Ionen sehr geringe Dichte haben und sich sehr schnell bewegen. Im ganzen übrigen Raum ist die räumliche Dichte der sich nur langsam bewegenden Ionen groß, und es können Rekombinationen eintreten. Mit dieser Ansicht sind alle mir bekannten Erscheinungen der Flammenleitung verträglich. Der Strom durch die Flamme, z. B. der nach der Kathode hin gerichtete Strom positiver Teilchen, setzt sich zusammen: 1. aus allen positiven Teilchen, welche innerhalb des großen Gefälles an der Kathode entstehen (Sättigungsstrom dieses Teiles); 2. aus einem Teile der positiven Ionen, welche außerhalb dieses Teiles entstehen (un-

gesättigter Strom des übrigen Flammenraumes). Letzterer Teil wächst mit der angewandten EMK, ihr etwa proportional. Dies ist das auf S. 39 genannte experimentell beobachtete Verhalten des Stromes bezüglich der EMK. Ferner ist die Unabhängigkeit des Stromes von dem Elektrodenabstande ohne weiteres verständlich. Der Strom ist bei der kleinen Beweglichkeit der positiven Ionen fast so lange angenähert unabhängig von der Elektrodendistanz, als die Anode nicht hineinrückt in den Teil, wo das Gefälle größer zu werden beginnt. Weiterhin erklärt sich ohne Schwierigkeit der von WILSON auch als ein Beweis für Oberflächenionisation angegebene Umstand, daß Einführung von Salzdämpfen in die Flamme, welche von einer ungeheuren Vermehrung der positiven und negativen Ionen begleitet ist, von großem Einfluß ist, wenn diese Einführung im Sättigungsgebiet an der Kathode erfolgt. Es werden dort alle erzeugten Ionen zur Stromleitung verwendet. Im übrigen Flammenraume ist die Erzeugung gleich vieler positiver und negativer Ionen fast ohne Einfluß, weil sie sich dort gleich wieder rekombinieren können. Abgabe positiver Ionen von der Anode selbst müßte dagegen den Strom vermehren.

Man ist durch diese Erklärung der Schwierigkeit enthoben, eine Oberflächenionisation an kalten Elektroden annehmen zu müssen. Glüht man die Kathode, so zeigt sich eine Stromzunahme. Es tritt dadurch wohl ein Strom hinzu, der seine Entstehung negativen Teilchen verdankt, die aus der Kathode kommen. Nicht so Glühen der Anode.

Oben auf S. 37 war ausgeführt worden, daß der Strom durch die Flamme aufhört, „Sättigungsstrom“ zu sein, wenn die Anode aus der Flamme entfernt wird und dadurch kältere Gaspartien an der Leitung teilnehmen. Diese Auseinandersetzung war im Sinne des gewöhnlichen Sättigungsstromes durchgeführt worden. Sie erleidet durch die Annahme, daß die Sättigung nur in einem Teil des Leitungsraumes erfolgt, keine erhebliche Änderung. Befindet sich die Anode außerhalb der Flamme, so findet wegen des in ihrer Nähe kühleren Gases und der dort verminderten Beweglichkeit der negativen Ionen eine Stauung derselben statt, und es tritt das Gefälle hauptsächlich an die Anode. An der Kathode hört ein Gefälle auf zu existieren, weshalb die kathodische Sättigungsschicht verschwindet. Sobald aber die kühleren Gaspartien

erhitzt werden, treten die Verhältnisse der gewöhnlichen Flammenleitung ein, an der Kathode erscheint das Gefälle, und der Sättigungsbereich ist wieder vorhanden.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität.

Nachtrag.

Am Tage vor der Sitzung, in welcher ich über die obigen Untersuchungen berichtete, erhielt ich von Herrn J. STARK, Göttingen, einen bisher als Korrekturbogen vorliegenden, im demnächstigen Heft der Physikalischen Zeitschrift erscheinenden Artikel zugesandt: Theoretische Bemerkungen zur Ionisation in Flammen. Ich habe mit großer Freude daraus entnommen, daß Herr STARK in seinen Betrachtungen zu den genau gleichen Ergebnissen gekommen ist wie ich, daß nämlich der Strom bei der Flammenleitung ein „partiell gesättigter" ist. Der von ihm angegebene „zweite Fall partieller Sättigung" entspricht genau meinen obigen Ausführungen. Den ersten Fall halte ich für nicht so belangreich, weil er ja durch entsprechende Wahl der Elektrodenform zu vermeiden ist. Ich kann ferner mit Genugtuung konstatieren, daß Herr STARK auch in den übrigen Punkten meine Ansichten teilt. Wenn ich in meiner damaligen Mitteilung angab, Herr STARK hätte in das von ihm verfaßte Buch die meines Erachtens unrichtigen MARXschen Ansichten übernommen, so ist dies, wie Herr STARK ausführt, einem, wie mir allerdings scheint, entschuldbaren Mißverständnis zuzuschreiben. Ich beeile mich daher, diese Angabe zurückzunehmen. In der neuen Mitteilung, wie auch bereits in einer früheren [1]), weist übrigens Herr STARK darauf hin, daß die negativen Ionen in der Flamme Elektronen seien.

[1]) Naturw. Rundsch. 17, 42, 43, 1902.

Die von M. von Rohr gegebene Theorie des Veranten, eines Apparats zur richtigen Betrachtung von Photographien;

von E. Wandersleb-Jena.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 27. November 1903.)

(Vgl. diese Verhdl. 5, 415, 1903.)

I. Der Zweck und die Entstehungsgeschichte des Apparats.

Der Verant ist ein Apparat, der die richtige Betrachtung von Photographien ermöglichen soll, eine Betrachtung nämlich, bei der dem Auge die richtige Perspektive unter Vermeidung der Akkommodationsanstrengung dargeboten wird. Durch Erreichung dieses Ziels wird es möglich, daß man, soweit nicht Mängel der Photographie selbst, wie das Fehlen der natürlichen Farben, im Wege stehen, bei der Betrachtung der Photographie denselben Eindruck, besonders dieselbe räumliche Vorstellung gewinnt, wie bei der Betrachtung des Objekts selbst.

Der Apparat wurde im Sommer 1903 in der optischen Werkstätte von CARL ZEISS in Jena ausgearbeitet. Die Anregung dazu gab zum Teil eine Aufforderung von Herrn Professor ALLVAR GULLSTRAND in Upsala, außerdem die Bearbeitung einiger Kapitel der im Erscheinen begriffenen 2. Auflage von WINKELMANNS Handbuch der Physik, nämlich der Kapitel über „das Sehen mit einem und mit zwei Augen", die M. VON ROHR übernommen hatte.

II. Die Photographie und das Sehen.

Zum Verständnis der Wirkung des Apparats ist es nützlich, einige allgemeine Sätze aus der Lehre vom photographischen Objektiv und vom Auge vorwegzunehmen. Ihre Darstellung lehnt sich eng an die von M. VON ROHR gegebene an.

Die Einführung der *Einstellungsebene* und der *Abbilder*. Beim Photographieren eines räumlichen Objekts handelt

es sich nicht um eine Abbildung im eigentlichen Sinne, sondern um einen Projektionsvorgang.

In der Fig. 1 seien O_1, O, O_2 Punkte eines räumlichen Objekts, das photographische Objektiv sei durch die schematisch gezeichneten Außenflächen und die Blende *Bl* angedeutet. Die Ebene *M—E* sei die Ebene der Mattscheibe. Den Punkten dieser achsensenkrechten Ebene des Bildraums können nach den allgemeinen Gesetzen der optischen Abbildung nur die Punkte einer achsensenkrechten Ebene des Objektraums entsprechen [1]). Wir nennen sie die *Einstellungsebene* (*E—E*) [2]).

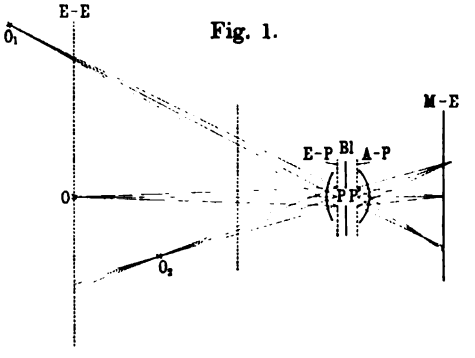


Fig. 1.

Konstruieren wir auf der Objektseite die Strahlenkegel, die von den Objektpunkten ausgehen und zu ihrer Abbildung beitragen, so erhalten wir als Schnitt mit der *E—E* eine aus Punkten und Kreisen bestehende Figur. Diese Schnittfigur nennen wir mit M. von Rohr das *objektseitige Abbild* (*o. A.*) [3]).

Die Leistung des Objektivs besteht nun darin, daß es auf der *M—E* ein genaues *n*-fach verkleinertes Bild des objektseitigen Abbildes entwirft [4]). Dies verkleinerte Bild nennt M. von Rohr das *bildseitige Abbild* (*b. A.*). Unsere Photographie ist nichts als

---

[1]) Vorausgesetzt ist hier ein Objektiv mit ebenem Bildfelde.

[2]) Die *Einstellungsebene* wurde von M. von Rohr eingeführt auf S. 18 der Monographie: Zur Theorie und Geschichte des photographischen Teleobjektivs mit besonderer Berücksichtigung der durch die Art seiner Strahlenbegrenzung bedingten Perspektive. Von M. von Rohr. Weimar, K. Schwier, 1897, 8°. V, 41 S.

[3]) Vgl. hierzu S. 22 des Werkes: Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs, nach Quellen bearbeitet von M. von Rohr. Berlin, J. Springer, 1899. 8°. XX, 436 S., 148 Fig. und 4 Tafeln; sowie S. 476 des Werkes: Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik. Von den wissenschaftlichen Mitarbeitern an der optischen Werkstätte von Carl Zeiss, herausgegeben von M. von Rohr. Berlin, J. Springer, 1904. 8°. XXI, 587 S., 133 Fig.

[4]) Vorausgesetzt ist hier, daß das Objektiv nicht verzeichnet.

eine Kopie dieses bildseitigen Abbildes, also eine n-fach verkleinerte Kopie des objektseitigen Abbildes. Zur Kenntnis der Photographie genügt es deshalb, das objektseitige Abbild zu untersuchen.

Die *Eintrittspupille* und ihre Bedeutung für die Perspektive. Die Strahlenbüschel, die von den Objektpunkten ausgehend das Objektiv passieren und also das objektseitige Abbild in der Einstellungsebene erzeugen, sind Kegel, deren Basis die *Eintrittspupille* E—P des Objektivs bildet. So nennt man nach E. ABBE das virtuelle Bild der Blende, das die vor der Blende liegenden Linsen entwerfen.

Verkleinert man die Eintrittspupille — durch Verengerung der Blende — soweit, daß die Zerstreuungskreise des objektseitigen Abbildes eine bestimmte kleine Größe nicht überschreiten, dann nennt man die verkleinerte Kopie des objektseitigen Abbildes, d. h. die Photographie des räumlichen Objekts, *scharf*.

Die Mittelpunkte der Zerstreuungskreise im objektseitigen Abbilde müssen als Repräsentanten der zugehörigen Objektpunkte gelten. Sie liegen auf den Strahlen, die von den Objektpunkten aus nach der Mitte P der Eintrittspupille zielen. Die Mitte der Eintrittspupille ist demnach das Projektionszentrum für das objektseitige Abbild.

Da die Photographie nichts als eine n-fach verkleinerte Kopie des objektseitigen Abbildes ist, können wir sie so zwischen das Objekt und die Eintrittspupille bringen, daß sie sich, vom Mittelpunkt der Eintrittspupille aus gesehen, Punkt für Punkt mit dem objektseitigen Abbilde, also auch mit dem Objekt deckt. Diese Deckung findet statt, wenn der Abstand der Photographie von P dem $n$ten Teile des Abstands der Einstellungsebene von P gleich ist. Wir wollen diesen Abstand $\mathfrak{A}\,n$ als den *richtigen* bezeichnen. Er läßt sich durch Anwendung bekannter Gesetze auf die Form bringen

$$\mathfrak{A}\,n = f\left(1 + \frac{\Gamma}{n}\right),$$

in der f die Brennweite des Aufnahmeobjektivs, n wie bisher die Reduktionszahl zwischen dem objektseitigen Abbilde und dem bildseitigen Abbilde, und Γ das sogenannte Konvergenzverhältnis zwischen den Winkeln in dem Punkte P und seinem Bilde P' ist,

eine Größe, die in allen hier interessierenden Fällen nahe gleich 1 ist. Wird n groß, wie z. B. bei Landschaftsaufnahmen, die hier zunächst vorausgesetzt sein sollen, so konvergiert der *richtige* Abstand gegen f.

Die Bedeutung des Augendrehungspunkts für die Perspektive. Unser Ziel ist es, bei der Betrachtung der Photographie dieselbe Perspektive zu haben, wie bei der Betrachtung des Objekts vom Orte der Aufnahme aus. Zur Erreichung dieses Ziels schrieb die alte Regel vor, daß man die Pupille des betrachtenden Auges in den Abstand f vom Bilde bringen müsse. Das wäre richtig, wenn wir den Gegenstand und ebenso die Photographie im indirekten Sehen betrachteten, d. h. so, daß wir einen Punkt fixierten, und daß dann die Augenlinse das übrige Gesichtsfeld in ähnlicher Weise auf die Netzhaut abbildete, wie das photographische Objektiv auf die Mattscheibe. Aber so pflegen wir die Gegenstände nicht zu betrachten, weil wegen der Unzulänglichkeit unserer Netzhaut und unserer Linse nur die nächste Umgebung des fixierten Punkts scharf erscheinen würde, alles andere unscharf. Vielmehr betrachten wir die Gegenstände im direkten Sehen, indem wir nacheinander die verschiedenen Objektpunkte fixieren. Dabei dreht sich das Auge um den Augendrehungspunkt, der etwa 1 cm hinter der Pupille liegt.

Wir können deshalb mit M. VON ROHR[1]) „beim direkten „Sehen an die Stelle des natürlichen Auges ein hypothetisches „ruhendes Auge setzen, dessen Pupille mit dem Drehungspunkte „jenes zusammenfällt, dessen Netzhaut überall mit der maximalen „Unterscheidungsfähigkeit des unserigen begabt ist und dessen „orthoskopisches Projektionssystem die Abbildung auch weit seitlich „gelegener Punkte mit ausreichender Schärfe leistet".

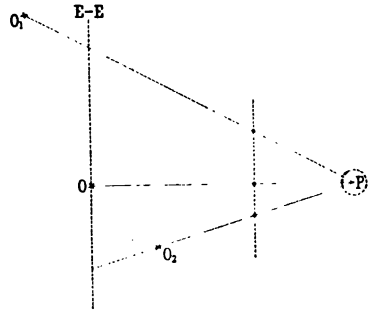
Betrachtet das Auge einen Gegenstand (Fig. 2, a. f. S.), so ist durch die Blicklinien, die die Objektpunkte und den Augendrehungspunkt verbinden, in einer *Einstellungsebene* E—E, die in einem fixierten Punkte O zur Blicklinie senkrecht steht, ein *Abbild* des Objekts bestimmt. Da nach H. VON HELMHOLTZ beim einäugigen Sehen eine Tiefenwahrnehmung kaum in Betracht kommt, kann

[1]) Vgl. WINKELMANN, Handbuch der Physik, 2. Aufl., Bd. VI, Optik, S. 273 (im Erscheinen begriffen).

man für das einäugige Sehen das körperliche Objekt durch eine Kopie seines Abbildes in der Einstellungsebene ersetzen, und diese wieder, soweit es die Akkommodationsfähigkeit zuläßt, durch eine n-fach verkleinerte Kopie in n-facher Nähe; denn in jedem Falle bleibt das Bild auf der Netzhaut dasselbe. Eine n-fach verkleinerte Kopie liegt in dem photographischen Bilde vor.

Wir haben also das Ergebnis, daß wir zur Erreichung der richtigen Perspektive im direkten Sehen das Bild in den Abstand f vom Drehungspunkte des Auges, oder in den Abstand $f - 1$ cm von der Pupille bringen müssen. Wie man sieht, weicht die neue Regel von der alten praktisch um so mehr ab, je kleiner die Aufnahmebrennweite ist. Von ganz besonderer Wichtigkeit aber ist die Bedeutung des Augendrehungspunkts für die Konstruktion einer Linse zur Unterstützung des direkten Sehens, wie sich später noch zeigen wird. A. GULLSTRAND in Upsala scheint der erste gewesen zu sein, der auf die Bedeutung des Augendrehungspunkts für die Betrachtung von Bildern hingewiesen hat.

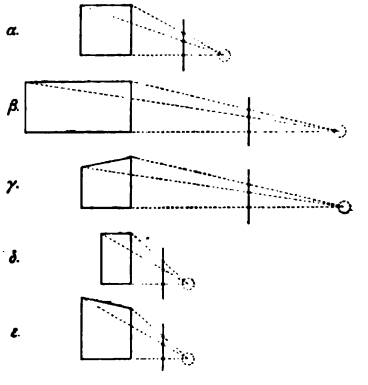
Fig. 2.



Die Fälschung der Perspektive bei der Abweichung von der Betrachtungsregel und die dadurch bedingte Fälschung der räumlichen Vorstellung. Der Normalsichtige kann ohne Überanstrengung seiner Akkommodation die Photographien nur dann scharf sehen, wenn sie wenigstens 26 cm vor seinem Augendrehungspunkte liegen. Die große Mehrzahl der Photographien wird aber mit Brennweiten hergestellt, die kleiner als 26 cm sind, die Bilder im Format von 9 : 12 cm z. B. mit Brennweiten von 10 bis 16 cm. Alle diese Bilder wird der Normalsichtige mit unbewaffnetem Auge aus einem zu großen Abstande betrachten. Die Folge davon ist eine Fälschung der Perspektive. Da diese natürlich um so störender wirkt, je größer das Gesichtsfeld ist, pflegt man den photographischen Weitwinkelobjektiven nachzusagen, daß sie „perspektivisch verzeichnen“.

Die falsche Perspektive bedingt weiter eine falsche Vorstellung von der räumlichen Gliederung des photographierten Gegenstands. Die auftretenden Täuschungen lassen sich an einem einfachen Beispiele leicht übersehen, nämlich der Photographie eines geeignet aufgestellten Würfels. Wenn man sie im richtigen Abstande betrachtet (Fig. 3, α), hat man die Möglichkeit, die Höhen- und Tiefenverhältnisse des Körpers richtig zu deuten. Bei der Betrachtung aus einem zu großen Abstande liegen zwei Grenzfälle besonders nahe. Entweder ist man über die Höhen- und Breitenverhältnisse des Körpers orientiert, dann wird man die Tiefenausdehnung für zu groß halten (Fig. 3, β), oder man ist über die Tiefenausdehnung orientiert, dann wird man den Hintergrund für zu klein gegenüber dem Vordergrund halten (Fig. 3, γ). Die entgegengesetzten Täuschungen würden bei der Betrachtung aus zu kleinem Abstande auftreten (Fig. 3, δ u. ε).

Fig. 3.



Der Kurzsichtige vermag, dem kleinen Abstande seines Nahepunkts entsprechend, häufig auch solche Aufnahmen vom richtigen Standpunkte aus zu betrachten, die mit kurzen Brennweiten hergestellt worden sind; er erhält dann mit Rücksicht auf die Perspektive bei der Betrachtung genau den natürlichen Eindruck. Nur die Schärfe der Wahrnehmung ist dann größer als bei der Betrachtung der Natur, und die Akkommodationsanstrengung kann anders sein.

III. Die Verantlinse.

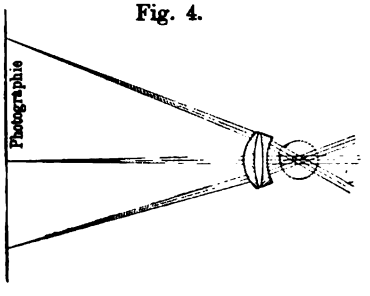
Um sich den Vorteil des Kurzsichtigen zu verschaffen, muß der Normal- und der Weitsichtige ein Bild, das mit kleiner Brennweite aufgenommen wurde, mit der Lupe ansehen. Ist die Lupe so beschaffen, daß dem mit ihr bewaffneten Auge das Bild im direkten Sehen dann unter dem richtigen Winkel erscheint, wenn die Ebene der Photographie mit der Brennebene der Lupe

zusammenfällt, so scheinen dem betrachtenden Auge die Punkte des Bildes weit weg zu liegen (Fig. 4), und das Akkommodationsgefühl ist dementsprechend. Damit ist neben der Fälschung der Perspektive ein zweites Hindernis beseitigt, das der richtigen räumlichen Vorstellung beim Betrachten des Bildes mit bloßem Auge gewöhnlich im Wege steht.

Es ergibt sich, daß das brauchbare Gesichtsfeld der Lupe so groß sein muß wie das bei der Aufnahme benutzte Gesichtsfeld des photographischen Objektivs, beispielsweise $= 64^{\circ}$, wenn ein 9×12-Bild zu betrachten ist, das mit 12 cm Brennweite aufgenommen wurde.

Die GULLSTRANDsche Forderung. Die Lupen, die bisher zu diesem Zwecke zur Verfügung standen, genügten nun zunächst der Forderung des großen Gesichtsfeldes nicht, indem sie nur in einem viel kleineren Gesichtsfelde frei von Verzeichnung, Astigmatismus und Farbenfehlern waren. Außerdem aber berücksichtigten sie die Bedeutung des Augendrehungspunkts nicht, die, wie schon bemerkt, bei der Benutzung einer schwachen Lupe besonders zu beachten ist.

Fig. 4.



Betrachtet nämlich das Auge ein Bild im direkten Sehen durch die Lupe, so werden durch die Pupille ganz bestimmte Büschel ausgesondert, die allein zur Erzeugung des Bildes auf der Netzhaut beitragen. Es sind die Büschel, deren Schwerlinien durch den Drehungspunkt des Auges gehen (Fig. 4).

Es lag also das Bedürfnis vor, eine Lupe zu konstruieren, die eine in ihre vordere Brennebene gebrachte Photographie von großer Ausdehnung virtuell frei von Verzeichnung, Astigmatismus, Farbenfehlern im Unendlichen abbildet. Der Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen muß wenigstens $2^1/_2$ cm hinter der Linsenfläche liegen, damit er dem Drehungspunkte eines Auges bequem zugänglich ist. ALLVAR GULLSTRAND in Upsala sprach diese Forderung in einem Briefe an die optische Werkstätte von CARL ZEISS

präzis aus und wünschte, daß sich die Werkstätte mit dieser Aufgabe beschäftige.

Die Erfüllung der GULLSTRANDschen Forderung durch die Verantlinse. Es gelang, zwei binäre Systeme zu finden, die den Forderungen von A. GULLSTRAND genügten. Eins der beiden Systeme wird durch die schematische Fig. 4 veranschaulicht. Die Linsen erhielten den Namen „*Verantlinsen*", weil sie den naturwahren (verus) Eindruck beim Betrachten von Photographien ermöglichen.

Das Bildfeld dieser Linsen ist von Astigmatismus frei, hat aber eine gewisse Krümmung, die der Linse ihre hohle Seite zukehrt. Das hat zur Folge, daß die virtuelle Vergrößerung der ebenen Photographie im vorderen Brennpunkte wohl in der Mitte im Unendlichen zu liegen scheint, daß aber die Randgebiete näher abgebildet werden und daher einen etwas anderen Akkommodationszustand verlangen. Diese Änderung tritt bei Personen bis zum mittleren Lebensalter unbewußt ein, während ältere eine ausgleichende Einstellung der Photographie vornehmen müssen. Kurzsichtige und Übersichtige werden gut tun, mit ihren gewohnten Fernbrillen zu beobachten. Es zeigt sich natürlich dann auch in dem Verantbilde die gewohnte, auf die Brille zurückzuführende, aber von den meisten Brillenträgern übersehene Verzeichnung.

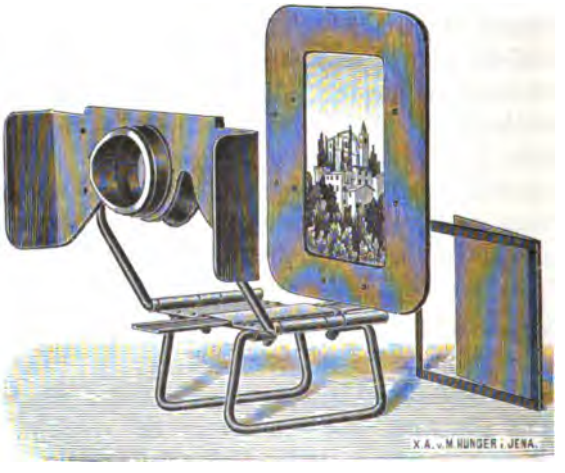
Es werden zunächst die zwei Brennweiten $f = 11$ cm und $f = 15$ cm ausgeführt. Bei ihnen beträgt das brauchbare Gesichtsfeld über 60°. Bei zwei kleineren Brennweiten, nämlich solchen von 7 cm und von 6 cm, wurde nur etwa 55° erreicht. Das liegt daran, daß es mit abnehmender Brennweite immer schwieriger wird, die nötigen Korrektionen unter Berücksichtigung der GULLSTRANDschen Forderung für den Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen durchzuführen. Bei der Benutzung der Verantlinse von 6 cm Brennweite beginnen die gewöhnlichen photographischen Bilder wegen der etwa vierfachen Lupenvergrößerung schon unscheinbar zu werden. Damit verlieren auch die Bestrebungen, Verantlinsen von noch kleineren Brennweiten zu konstruieren, den Boden, wenigstens, wenn sie nur zur Betrachtung von Kontaktkopien und nicht allgemein als Lupen mit großem Gesichtsfelde benutzt werden sollen.

IV. Der Einzelverant.

Um die Eigenschaften der Verantlinse auszunutzen, ist es nötig, die richtige Lage einerseits des betrachtenden Auges, und andererseits der betrachteten Photographie zur Verantlinse einzuhalten. Zu diesem Zwecke wurden die „Veranten“ konstruiert. Zunächst handelt es sich um ein Instrument für das einäugige Sehen, den *Einzelveranten*. Ein Modell dieses Instruments ist in Fig. 5 abgebildet, die im wesentlichen ohne Kommentar verständlich sein dürfte.

Setzt man eine mit der Brennweite des Aufnahmeobjektivs übereinstimmende Verantlinse voraus, so versetzt sie nach den

Fig. 5.



vorhergegangenen Erläuterungen ein normalsichtiges Auge an den Ort der Eintrittspupille des Aufnahmeobjektivs, und die Photographie wirkt auf dies Auge — soweit es sich um die Perspektive und das Akkommodationsgefühl handelt — genau so wie die Gegenstände selbst. Läßt man die Farbe außer acht, so muß man glauben, sich der Natur gegenüber zu befinden.

Namentlich muß das auf die Vorstellung von der räumlichen Gliederung des Objekts wirken, und das Urteil über die Tiefe muß dem genau entsprechen, das man bei einäugiger Beobachtung der aufgenommenen Objekte hat. Teilt man nach H. von Helm-

HOLTZ' Vorgange die Hilfsmittel für die Erkenntnis der räumlichen Gliederung in solche der Vorstellung und solche der Wahrnehmung ein, so fallen offenbar beim einäugigen Sehen ohne merkbare Akkommodationsanstrengung — und eine solche ist beim Gebrauche des Veranten nie, bei der Betrachtung von wirklichen Landschaften fast nie vorhanden — die Mittel der Wahrnehmung vollständig fort, und es bleiben nur die der Vorstellung übrig. Sie treten beim Beobachten des Verantbildes mit genau derselben zwingenden Kraft auf wie bei der einäugigen Betrachtung der Natur, und der körperliche Eindruck, den das Verantbild macht, berechtigt zu dem Ausspruche, daß für die Auffassung der räumlichen Gliederung den Vorstellungsmomenten eine außerordentlich große Bedeutung zukomme. Später wird noch eine weitere Stütze für diese Behauptung vorgebracht werden.

Hält man den Veranten so, daß seine Achse dieselbe Neigung gegen die Horizontale hat wie die des Objektivs bei der Aufnahme, so unterstützt man das Zustandekommen des natürlichen Eindrucks wesentlich. Beispielsweise erzielt man eine überraschende Korrektion des Stürzens vertikaler Kanten, wie es sich bei Architekturaufnahmen zeigt, die mit aufwärts gerichtetem Objektiv gemacht sind.

Das schematische Fernrohr. Betrachtet man eine Photographie mit einer Verantlinse von zu kurzer Brennweite, z. B. ein 9×12-Bild, das mit 44 cm Brennweite aufgenommen ist, mit einer Verantlinse von 11 cm Brennweite, so ist der Winkel auf das Vierfache des Winkels gesteigert, unter dem der Gegenstand selbst vom Orte der Aufnahme aus erscheint. Auf die Deutung der räumlichen Gliederung hat das den Einfluß, daß der Gegenstand in der Richtung der Blicklinien verflacht erscheint. (Vergl. Fig. 3 δ.)

Die Vergrößerung des Winkels, unter dem ein Gegenstand von einem bestimmten Standpunkte aus erscheint, ist nun genau die Wirkung eines vergrößernden Fernrohrs. Die Anwendung des Veranten mit zu kurzer Brennweite wiederholt also einmal genau die Funktion des Fernrohrs für die Perspektive, dann aber trennt sie zeitlich die Objektiv- von der Okularwirkung. Die Kameralinse fungiert als Fernrohrobjektiv, und die Negativkopie tritt an die Stelle des vom Fernrohrobjektiv entworfenen Luftbildes, das

also jetzt physische Existenz hat. Darum kann es auch so beleuchtet werden, daß eine Regulierung des Strahlengangs durch ein Kollektiv unnötig wird. Die Verantlinse wirkt als Okular und entwirft für ein normalsichtiges Auge ein Bild der Photographie in weiter Ferne.

Die verflachende Wirkung des monokularen Fernrohrs scheint bisher nicht bemerkt worden zu sein [wenigstens ist mir aus der Literatur keine Angabe darüber bekannt][1]). Das liegt jedenfalls daran, daß das objektive Gesichtsfeld ziemlich klein ist — bei einem vierfachen Fernrohr etwa 10°. Die oben angegebene Kombination im Veranten veranschaulicht dagegen ein vierfaches Fernrohr mit 16° Gesichtsfeld, und diesem größeren Winkel entsprechend tritt die Fälschung der Perspektive und die scheinbare Verflachung des betrachteten Objekts stärker hervor.

V. Der Doppelverant.

Die Anwendung von Linsen nach dem hier beschriebenen Prinzip auf ein Instrument zum zweiäugigen Sehen war ganz natürlich. Zu seiner Einführung sei es gestattet, hier kurz die Schematisierung des zweiäugigen Sehens und einiger Apparate zu seiner Unterstützung anzugeben, die M. VON ROHR in WINKELMANNS Handbuch der Physik mit Hilfe der *Einstellungsebenen* und der Abbilder aufgestellt hat[2]).

„Die Lage der Abbilder beim Sehen mit bloßen „Augen. Beim zweiäugigen Sehen werden beide Augen auf den „fixierten Punkt O gerichtet, dessen Bild dann in beide Netzhaut„gruben fällt. Für die Augen kommen also zwei Einstellungsebenen, „EE und ee, in Betracht, die beide den fixierten Punkt enthalten,

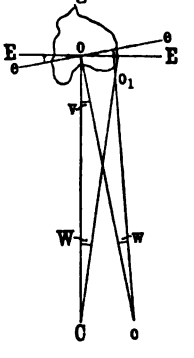
[1]) Am Schlusse des Vortrags teilte Herr Dr. MARTENS mit, daß er diese Beobachtung häufig auf dem Schießplatze gemacht habe. Der Soldat, der vom Ziele zurück zur Schützenlinie lief, um das Ergebnis des Schusses zu melden, schien langsam zu gehen, wenn man ihn in der Laufrichtung durchs Fernrohr beobachtete.

[2]) Der folgende in Anführungsstrichen stehende Abschnitt ist ebenso wie die Figuren 6, 7, 9 aus dem Kapitel „Das zweiäugige Sehen“ in der zweiten Auflage von WINKELMANNS Handbuch der Physik entnommen, wozu der Verfasser M. VON ROHR und der Verleger J. A. BARTH freundlichst ihre Zustimmung gaben. Der Abschnitt findet sich dort in dem im Erscheinen begriffenen Band VI, Optik, auf S. 281 und 282.

„und auf die von den Augendrehpunkten C, c aus die Bilder ent-
„worfen sind. Jedem Auge erscheint also ein objektseitiges Abbild,
„ganz wie wir es beim einäugigen Sehen behandelt hatten, und die
„Ebenen beider Abbilder schneiden sich unter dem Konvergenz-
„winkel v der Hauptvisierlinien."

„Umgekehrt geben zwei solche Abbilder, wenn je eines allein
„dem entsprechenden Auge dargeboten wird, auch alles, was beiden
„Augen erscheint, und wir erhalten den Eindruck von dem Gegen-
„stande selbst, wenn wir sie jedem einzelnen
„Auge unter den richtigen Neigungswinkeln w
„und beiden zusammen mit der richtigen Kon-
„vergenz v vorführen. Sind die Abbilder nur ge-
„nügend scharf, so kann auch ein beliebig anderer
„Punkt O_1 des durch sie ersetzten Objekts fixiert
„werden, da die richtigen Blickrichtungen zu ihm
„für jedes Auge durch den Drehpunkt und den
„entsprechenden Punkt im zugehörigen Abbilde
„eindeutig festgelegt sind."

Fig. 6.



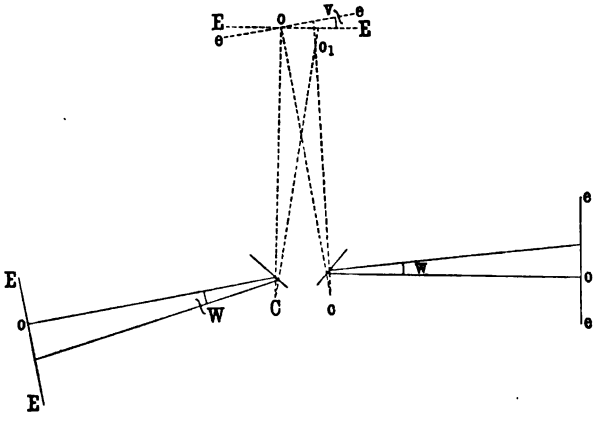
„In ganz ähnlicher Weise also, wie wir beim
„einäugigen Sehen zunächst in der gleichgroßen
„Abbildskopie eine Möglichkeit hatten, den Gegenstand vollständig
„zu ersetzen, werden wir im stande sein, auch beim zweiäugigen
„Sehen einen vollkommenen Ersatz für das Objekt zu liefern."

„Verbindet man jedes Projektionszentrum mit je einem ent-
„sprechenden Bildorte, so definieren diese beiden Geraden einen
„Punkt im Raume, der in unserem Falle mit dem Objektpunkte
„selbst zusammenfällt. Wir wollen ganz allgemein, wo solche
„Punkte durch den Schnitt der von den Projektionszentren zu homo-
„logen Stellen der Abbilder gezogenen Geraden definiert werden,
„von einem *Raumbilde* sprechen, dem die Gesamtheit der dar-
„gestellten Objektpunkte als *Raumobjekt* gegenübersteht. Bringen
„wir unsere Augen an den Ort der Projektionszentren, so nehmen
„wir ein *Raumsubstitut* wahr, das von dem Raumbilde hervorgerufen
„wird. Auf das Raumbild wenden wir eben ganz wie beim ge-
„wöhnlichen Sehen unsere ungenaue Bestimmung der absoluten
„und genaue Bestimmung der relativen Entfernungen an, und wir
„sind dabei ebenso Täuschungen unterworfen, wie beim Sehen mit
„bloßen Augen. Die Eigenschaften des *Raumbildes* lassen sich

„aus den geometrischen Bedingungen seiner Entstehung präzis „entwickeln, und wir können angeben, ob es dem Raumobjekt „kongruent", ähnlich oder unähnlich ist. Dementsprechend können wir mit M. VON ROHR von *tautomorphen*, *homöomorphen* oder *heteromorphen* Raumbildern sprechen. Beim Zustandekommen des *Raumsubstituts* ist neben der Wahrnehmung des Raumbildes die Vorstellung in hohem Maße beteiligt. Deshalb läßt sich das Raumsubstitut nicht rein physikalisch diskutieren.

Das Stereoskop für nahe Gegenstände. Betrachten wir zunächst ein Objekt in nahem Abstande von den Augen des Beobachters, so können wir von jedem der beiden Abbilder in den

Fig. 7.



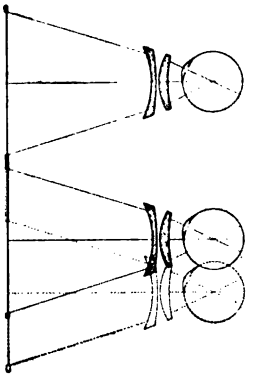
Einstellungsebenen eine Photographie in natürlicher Größe machen, indem wir zwei Objektive von geeigneter Brennweite so aufstellen, daß ihre Eintrittspupillen in die Punkte C und c und ihre Achsen in die Hauptblicklinien CO und cO fallen. Von den beiden Photographien machen wir je eine spiegelverkehrte Kopie und bieten sie in einem Apparate den Augen dar, der in der Fig. 7 schematisch gezeichnet ist. Er stellt ein *Wheatstonesches Spiegelstereoskop* vor, mit der Modifikation, daß die Bilder nicht parallel sind, sondern den Winkel v der Objektivachsen bei der Aufnahme bilden. Man übersieht ohne weiteres, daß hier bei richtiger Justierung der Bilder den Augen, deren Drehungspunkte in c und C liegen, ein tautomorphes Raumbild dargeboten wird. In dieser

Form würde also das Instrument das richtige Stereoskop für nahe Gegenstände vorstellen.

Die Konstruktion des Doppelverantен. Rückt der betrachtete Gegenstand weiter weg, so werden im Grenzfalle die Hauptblicklinien parallel und die Abbilder in den Einstellungsebenen werden unendlich groß. Wir müssen dann auf die Herstellung von reellen Bildern in gleicher Größe verzichten und statt dessen den Augen virtuelle Kopien der Abbilder darbieten. Das geschieht, indem wir verkleinerte Photographien herstellen und diese mit Hilfe von zwei Verantlinsen der richtigen Brennweite betrachten.

Zu diesem Zwecke könnte man die spiegelverkehrten Kopien der Photographien in einem gewöhnlichen WHEATSTONEschen Stereoskop (mit parallelen Bildebenen) aufstellen und zwischen Auge und Spiegel je eine Verantlinse einschalten. Die Herstellung von spiegelverkehrten Kopien macht aber Schwierigkeiten, wenn man nicht nur Diapositive benutzen will; auch ist es unmöglich, bei der so modifizierten WHEATSTONEschen Anordnung die gleichartige Beleuchtung von zwei Papierbildern zu erzielen. Aus diesen Gründen wurde im Interesse allgemeiner Verwendbarkeit von der Verwendung von Spiegeln abgesehen und in dem *Doppelveranten* die Anordnung getroffen, die in der Fig. 8 schematisch dargestellt ist. Er stellt ein *Helmholtzsches Linsenstereoskop* vor, mit der Modifikation, daß die Linsen eben Verantlinsen sind, d. h. ein großes nutzbares Gesichtsfeld haben und die Bedeutung des Augendrehungspunkts würdigen, und daß die Halbbilder nicht fest miteinander verbunden sind; denn bei der Anpassung an den Augenabstand des jeweiligen Beobachters ist darauf zu achten, daß jede einzelne Verantlinse der Mitte des Bildes genau gegenübersteht. Das ist durch feste Verbindung der Verantlinsen mit dem Träger des Halbbildes erreicht.

Fig. 8.



Für die Breite des Bildes ist bei der gewählten Anordnung durch die Größe des Augenabstands der Beobachter eine obere

Grenze gegeben. Nun kommt ein Augenabstand von 54 mm noch vor, und es ist wünschenswert, daß die beiden Halbbilder in der Mitte nicht direkt zusammenstoßen. In Rücksicht darauf wurde das Format von 48 mm × 48 mm für die Halbbilder gewählt.

Nach Festsetzung dieses kleinen Formats war es nötig, zur Erreichung eines großen Bildwinkels Verantlinsen von möglichst kleiner Brennweite zu benutzen. Hier wurde die Grenze gegeben durch die stärkste noch zulässige Lupenvergrößerung. In Übereinstimmung mit den diesbezüglichen, oben angegebenen Resultaten wurden Verantlinsen von 7 cm Brennweite für den Doppelveranten gewählt.

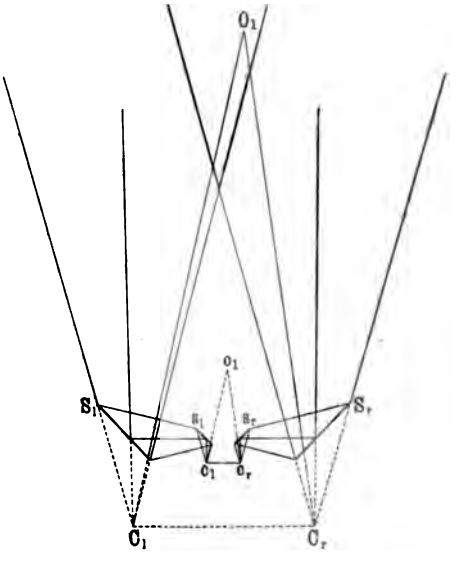
Tautomorphe Raumbilder beim Benutzen des Doppelveranten. Betrachtet man im Doppelveranten Stereoskopbilder, die mit Objektiven von 7 cm Brennweite hergestellt wurden, so wird, wenn der Abstand der Aufnahmeobjektive dem Augenabstand gleich war, den Augen ein dem Objekt tautomorphes Raumbild dargeboten. Tatsächlich erhält man einen durchaus naturwahren Eindruck; das wurde durch die direkte Vergleichung mit den Objekten selbst von verschiedenen Beobachtern festgestellt.

Homöomorphe Raumbilder beim Benutzen des Doppelveranten und das *Helmholtzsche Spiegeltelestereoskop*. Eine den Augenabstand überschreitende Trennung der Aufnahmeobjektive läßt den nahen Vordergrund kleiner und tiefer erscheinen; eine den Augenabstand nicht erreichende Trennung der Aufnahmeobjektive läßt den nahen Vordergrund größer und flacher erscheinen; doch wurde diese Änderung erst bei ziemlich großen Abweichungen vom Augenabstande augenfällig.

Diese Erscheinungen lassen sich mit Hilfe der von M. von Rohr gegebenen Abstraktionen bequem diskutieren. In beiden Fällen haben wir es mit homöomorphen Raumbildern zu tun. Im ersten Falle (Objektivabstand bei der Aufnahme gleich dem k-fachen Augenabstand, $k > 1$) ist das unseren Augen dargebotene Raumbild ein dem Raumobjekt ähnliches, k-fach verkleinertes Modell in k-facher Annäherung. Die Verhältnisse liegen hier ebenso, als wenn wir das Objekt selbst mit einem *Helmholtzschen Spiegeltelestereoskop* betrachten, das in Fig. 9 schematisch abgebildet ist. Es besteht im wesentlichen aus zwei zueinander senkrechten Paaren unter sich paralleler Planspiegel. Den beiden

inneren gegenüber liegen die Augen des Beobachters, in c_l und c_r ihre Drehungspunkte. C_l und C_r sind die Drehungspunkte der gespiegelten Augen. Der Abstand $C_l C_r$ sei k-mal so groß als der wirkliche Augenabstand $c_l c_r$. Auch hier ist das Raumbild ein k-fach verkleinertes Modell des Objekts in k-facher Nähe. Auf dieses Raumbild wenden wir unser Tiefenunterscheidungsvermögen an, das wegen der k-fachen Nähe gegenüber dem Objekt auf das k-fache gesteigert ist.

Fig. 9.



Das Raumsubstitut, das bei dieser Betrachtung zu stande kommt, ist nun außer den physikalisch zu kontrollierenden Wahrnehmungen von den Vorstellungsmomenten abhängig; diese scheinen es schwer zuzulassen, daß wir den unnatürlichen Eindruck eines verkleinerten Modells in großer Nähe erhalten. Vielmehr kommt leichter der ebenfalls unnatürliche Eindruck zu stande, als sähe man das Objekt in seiner natürlichen Größe und Entfernung, nur mit den k-fach gesteigerten Tiefendimensionen ausgestattet. Oder aber es kommt, namentlich bei nahen Gegenständen, ein Mittelding zwischen diesem Eindruck und dem Eindruck des Modells zu stande.

Betrachtet man im Doppelveranten Aufnahmen, bei deren Anfertigung der Abstand der Objektivachsen nur gleich dem k^{ten} Teil des Augenabstands war, so ist das Raumbild ein k-fach vergrößertes Modell des Raumobjekts in k-facher Entfernung. Der Eindruck beim Betrachten ist dementsprechend der entgegengesetzte wie im vorigen Falle.

Nach GREENOUGH liegen für uns im letzteren Falle die Verhältnisse so, wie für einen Liliputaner, der das Objekt selbst von

unserem Standpunkte aus betrachtet, und dessen Augenabstand k-mal so klein als der unsere ist. Die analoge Veranschaulichung des ersten Falls durch einen entsprechenden Riesen liegt auf der Hand.

Identische Halbbilder im Doppelveranten. Beide Abweichungen zwischen dem Augenabstande und dem Abstande der Objektive bei der Aufnahme machen sich beim Betrachten der erhaltenen Bilder im Doppelveranten nur dann bemerkbar, wenn im Bilde sehr naher Vordergrund vorhanden ist.

Es lag nahe, den Grenzfall des zweiten Falls zu untersuchen, d. h. den alten Versuch, identische Aufnahmen im Stereoskop zu betrachten, mit dem Veranten zu wiederholen. Dabei zeigte es sich, daß nahen Vordergrunds entbehrende Landschaftsaufnahmen einen sehr natürlichen Eindruck machen; man vermißt eben bei der Betrachtung die geringen stereoskopischen Verschiedenheiten nicht, dagegen kommen die Vorstellungsmomente mit aller Treue zur Geltung, derer die Photographie fähig ist. Wir erhalten durch diese ziemlich gute Auffassung der räumlichen Gliederung, wie sie durch indifferente Halbbilder vermittelt wird, eine weitere Stütze für die Ansicht, daß die Bedeutung der Vorstellungsmomente sehr hoch zu veranschlagen ist.

Die schematischen Doppelfernrohre. Ähnlich, wie mit dem Einzelveranten das einfache Fernrohr, kann man mit dem Doppelveranten das Doppelfernrohr und zwar mit normalem oder mit erweitertem Objektivabstande (*Zeißsches Reliefernrohr*) schematisieren. Wir wollen das hier nur andeuten und bezüglich der Ausführung der auftretenden Verhältnisse auf die Arbeit von M. von Rohr hinweisen.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Hermann von Helmholtz

von

Leo Koenigsberger.

In drei Bänden.

Mit 9 Bildnissen in Heliogravure und einem Brieffaksimile.
Gr. 8° in vornehmer Ausstattung.
Preis des vollständigen Werkes M. 20.— geh., M. 25.— geb.
in Leinwand, M. 31.— geb. in Halbfranz.

Mit dem jüngst zur Ausgabe gelangten dritten Bande des hochbedeutenden Werkes ist die große **Helmholtz-Biographie** von *Leo Koenigsberger*, welche nach dem einstimmigen Urteile der Presse als eine biographische Leistung ersten Ranges anerkannt wurde und für die gesamte wissenschaftliche Welt und für weite Kreise des gebildeten Publikums von dem größten Interesse ist, vollständig erschienen.

Die Entwicklung, das Leben und Wirken und die Bedeutung einer Persönlichkeit zu schildern, die durch den Umfang und die Tiefe des Wissens und die Macht des Könnens die meisten ihrer Zeitgenossen überragt, alle Welt durch das Produkt ihrer Arbeit während mehr als eines halben Jahrhunderts in Staunen und Bewunderung versetzt und der Wissenschaft neue fundamentale Lehren geschenkt und neue Wege zu fruchtbarer Tätigkeit gewiesen hat, war eine ebenso reizvolle wie schwierige Aufgabe, deren Durchführung dem Verfasser, welchem nicht nur die Feder, sondern auch die auf eingehender Sachkenntnis ruhende Teilnahme für Person und Stoff zu Gebote stand, in vollendetem Maße gelungen ist.

Dem großen Naturforscher und Gelehrten ist mit dieser meisterhaften Darstellung seines in der Geschichte der Wissenschaft wohl einzig dastehenden Entwickelungsganges und seiner unvergleichlichen Lebensarbeit ein würdiges biographisches Denkmal errichtet worden, wie es der Mit- und Nachwelt nicht schöner überliefert werden konnte.

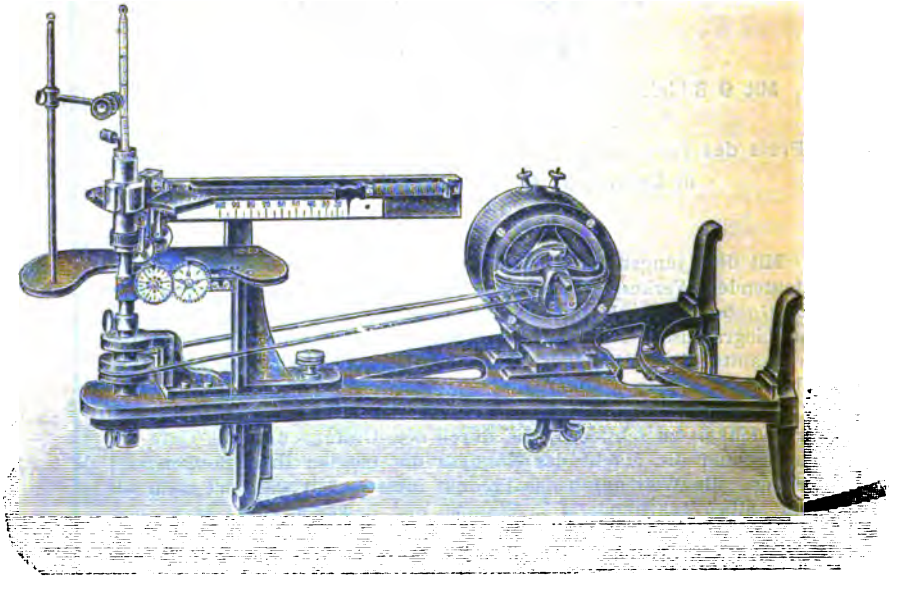
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 2*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — Reine Physik

Richard Assmann — Kosmische Physik

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Inhalt.

Seite

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Bericht über die Sitzung vom 22. Januar 1904 61

O. Lummer, Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen (Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit“). (Vorgetragen in der Sitzung vom 22. Januar 1904.) 62

H. du Bois und H. Rubens, Über Polarisation langwelliger Wärmestrahlen durch Drahtgitter. (Vorgelegt in der Sitzung vom 22. Januar 1904.) 77

2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.

I. Allgemeine Physik 19
II. Akustik 21
III. Physikalische Chemie 21
IV. Elektrizität und Magnetismus 24
V. Optik des gesamten Spektrums 26
VI. Wärme 27
VII. Kosmische Physik 28

Ankündigung.

Den Abonnenten der **„Fortschritte der Physik“** *können wir die erfreuliche Mitteilung machen, daſs nach langen Vorbereitungen im Anschluſs an das im Jahre 1897 im Verlage von Georg Reimer in Berlin erschienene* **General-Register** *zu den* **„Fortschritten der Physik“**, *Band XXI (1865) bis XLIII (1887), das in Anlage und Ausführung übereinstimmend mit diesem Registerbande bearbeitete*

Namen-Register nebst Sach-Ergänzungsregister zu den „Fortschritten der Physik“, *Band XLIV (1888) bis LIII (1897), unter Mitwirkung von Dr. E. Schwalbe bearbeitet von Dr. G. Schwalbe,*

zur Ausgabe gelangt ist.

Nach einer Einleitung, welche dazu dient, den Gebrauch des Werkes zu erleichtern, wird eine Übersicht über den Umfang der Bände, sowie über die Redakteure und Referenten, welche während der Jahre 1888 bis 1897 tätig waren, gegeben. Der Hauptteil selbst zerfällt in zwei Teile: Das **Namenregister**, *in welchem sämtliche in den zehn Jahrgängen der „Fortschritte“ erwähnten nicht anonymen Titel in alphabetischer Reihenfolge der Autorennamen sich vorfinden, und das* **Sach-Ergänzungsregister**, *in welchem die anonymen Titel in sachlicher Weise geordnet sind. Wie aus der Einleitung sich ergibt, ist durch umfassende Vergleiche für die Richtigkeit der einzelnen Titel nach Möglichkeit gesorgt worden. Ebenso ist dem Bedürfnis nach Vollständigkeit in weitestem Maſse Rechnung getragen.*

Für alle, welche auf den Gebrauch der „Fortschritte“ in ihren wissenschaftlichen Untersuchungen angewiesen sind, dürfte das vorliegende Register zu einem wichtigen, wenn nicht unentbehrlichen Nachschlagewerk werden. Auch für Bibliotheken, welche die **„Fortschritte der Physik“** *halten, erscheint dasselbe als notwendige Ergänzung zu denselben.*

Der Preis des stattlichen Bandes beträgt M. 60.—, worauf den Mitgliedern der Deutschen Physikalischen Gesellschaft die bekannte Ermäſsigung gewährt wird.

Die Verlagsbuchhandlung Friedr. Vieweg & Sohn
in Braunschweig.

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 30. Januar 1904. Nr. 2.

Sitzung vom 22. Januar 1904.

Vorsitzender: Herr E. HAGEN.

Hr. **O. Lummer** spricht über:
Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen
(Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit").

Ferner trägt Hr. **Th. Gross** vor:
Über die Beziehung zwischen elektromotorischer Kraft und chemischer Wärme.

Dann demonstriert Hr. **G. Leithäuser** einige
Versuche mit Oszillographen.

Endlich legt Hr. **H. Rubens** eine gemeinsam mit Hrn. **H. du Bois** verfaßte Abhandlung:
Über Polarisation langwelliger Wärmestrahlen durch Drahtgitter
vor.

Als Mitglieder wurden in die Gesellschaft aufgenommen:
Hr. Prof. J. WINZER, Groß-Lichterfelde, Stubenrauchstr. 11.
(Vorgeschlagen durch Hrn. SIEBEN.)
Hr. Dr. B. STRASSER, Berlin NW., Claudiusstr. 1.
(Vorgeschlagen durch Hrn. WARBURG.)

Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen (Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit“);

von O. Lummer.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 22. Januar 1904.)

(Vgl. oben S. 61.)

A. Theorie von J. v. Kries[1]).

Seit langem weiß man, daß die Netzhautschicht der Zapfen und Stäbchen die lichtempfindlichen Gebilde sind, in denen die von außen kommende Energie die Reizung des Sehnerven bewirkt. Während man aber aus den Versuchen über die Sehschärfe schließen zu müssen glaubte, daß den Zapfen allein die Vermittelung des Sehens zufalle, deutete doch der fast gleiche anatomische Bau darauf hin, daß wohl auch die Stäbchen eine Rolle beim Sehen spielen. Erst auf Grund der neueren physiologischen Forschungen über das Sehen bei geringer Helligkeit und den Einfluß des Sehpurpurs in den Stäbchen bei der Farbenperzeption gelang es mehr und mehr, die Wirkungsweise unserer beiden Netzhautorgane voneinander zu trennen und ihre gesonderten Aufgaben zu ergründen[2]).

Wir stellen uns hier auf den Boden der Theorie des Herrn v. Kries, gemäß welcher die Zapfen unseren farbentüchtigen „Hellapparat“ und die Stäbchen unseren total farbenblinden „Dunkelapparat“ bilden. Nach dieser Theorie vermitteln die Zapfen das Sehen bei großer Helligkeit und ihre Erregung durch die Lichtwellen erweckt im Gehirn die Empfindung der Farbe, während die purpurhaltigen Stäbchen total farbenblind sind, erst bei geringer Helligkeit in Wirksamkeit treten und die Fähigkeit besitzen, ihre Empfindlichkeit im Dunkeln ganz bedeutend zu steigern. „Dunkeladaptation“ nennt v. Kries diese Eigenschaft

[1]) J. v. Kries, Über die Funktion der Netzhautstäbchen. ZS. f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorgane 9, 81—123, 1894.

[2]) Vgl. A. König, Über den menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung beim Sehen. Sitzber. d. Berl. Akad. d. Wissensch., S. 577, 1894.

der Stäbchen. Ehe die Zapfen farbiges Licht empfinden, vermitteln die Stäbchen zum Gehirn den Eindruck farbloser Helligkeit.

Aus der Anatomie der Netzhaut unseres Auges folgt andererseits, daß auf der Netzhautgrube oder fovea centralis und einem Teil der macula lutea nur Zapfen und gar keine Stäbchen vorhanden sind, während die übrige Netzhaut sowohl Stäbchen wie Zapfen enthält, und zwar in der Anordnung, daß nach dem Rande der Netzhaut zu die Stäbchen an Zahl die Zapfen überwiegen. Außerdem wissen wir, daß die Netzhautgrube die bevorzugte Stelle ist, mit der wir sehen, wenn wir einen Gegenstand fixieren und scharf ins Auge fassen. Beim Fixieren oder beim direkten Sehen (foveal bzw. zentral) sind daher die Stäbchen ausgeschaltet, beim indirekten Sehen (peripher) treten außer den Zapfen noch die Stäbchen in Tätigkeit. Hier treten also bei geringer Helligkeit die beiden Sehapparate in einen scharfen Wettstreit ein, der, wenn nur die Helligkeit gering genug ist, zugunsten der farbenblinden Stäbchen ausfällt, so daß dann alles „Grau in Grau", d. h. in farbloser Helligkeit erscheint.

B. Neuere anatomische Erkenntnisse in bezug auf den Sehvorgang.

Die neueren anatomischen Untersuchungen der Netzhaut[1]) zeigen, daß die Stäbchen zu vielen gemeinschaftlich an einer Nervenfaser sitzen, während den Zapfen, wenigstens denjenigen der fovea centralis, je eine besondere Leitung zukommt (Projektion). Hierdurch wird es uns zum Teil verständlich, warum die Stäbchen früher über die Reizschwelle treten als die Zapfen, um so mehr, als sie über alle Wellen integrieren, während die Zapfen in bezug auf die Wellenlänge differenzieren. Schätzungsweise besitzen wir im ganzen 113 Millionen Stäbchen und 7 Millionen Zapfen (davon nur 4000 auf der fovea centralis und 8000 bis 13000 auf der macula lutea), während allen diesen Elementen nur eine Million Nervenleitungen zur Verfügung stehen, welche bündelweise, dabei einzeln voneinander isoliert, zu einem

[1]) Vgl. R. Greeff, Die mikroskopische Anatomie des Sehnerven und der Netzhaut. Aus dem Handbuch der Augenheilkunde von Graefe und Sämisch. 2. Aufl. 1 (5), Berlin, 1901.

Kabel verschnürt (Projektion), dem Gehirn die Lichtmeldungen übermitteln.

Übrigens entspricht dem Mosaik von Zapfen und Stäbchen der Retina ein ebenso regelmäßiges Mosaik von Ganglienzellen in der Rinde des Hinterhauptlappens im „Cuneus" des Gehirns, wo nach MUNK die Sehsphäre gelegen ist. Es sind somit die Retinaelemente mit der Tastatur eines Klaviers zu vergleichen, durch welche mit Hilfe der Nervenbahnen die Saiten im Sehzentrum zum Vibrieren gebracht werden. Dabei ist die Leitung vom Retinaelement zum Cuneus keine direkte, sondern mehrfach unterbrochen. Im vorderen Vierhügelpaar z. B. endigt die ankommende Leitung in vielen Verästelungen, während die nach dem Gehirn weitergehende Leitung mit ebensolcher Verästelung beginnt (Projektion). Die feinsten Ausläufer aber stehen in keiner leitenden Verbindung (Kontakttheorie). Während man diese Kontaktstellen mit der Wirkungsweise elektrischer Ein- und Ausschaltapparate verglichen hat, möchte ich vermuten, wir haben es hier mit einer eingeschalteten Kapazität zu tun, welche die beim Fortleiten der elektromagnetischen Lichtwellen entstehende Selbstinduktion aufheben sollen, umgekehrt wie beim Verfahren von PUPIN, um mit Hilfe von Kabeln auf lange Strecken telephonieren zu können.

C. Versuche über das Sehen im Hellen und Dunkeln.

Zur Illustrierung der Wirkungsweise der Zapfen und Stäbchen, und um den Wettstreit der beiden Sehapparate objektiv und möglichst drastisch sichtbar zu machen, wurden die folgenden Versuche vorgeführt:

I. Entwicklung des Spektrums beim allmählichen Erhitzen einer Glühlampe.

In einem Gehäuse mit geeignetem Ausschnitt befindet sich eine starkfadige Glühlampe, welche durch Regulierung des Heizstromes ganz allmählich von dunkler Rotglut bis zur Zerspratzungstemperatur erhitzt werden kann. Der Glühfaden dient als leuchtender Spalt, von dem durch ein ROWLAND sches Konkavgitter ein vergrößertes Spektrum auf weißem Schirm erzeugt wird

Nachdem die Augen an vollkommene Dunkelheit gewöhnt sind, steigert man den Strom, bis auf dem Schirm ein erster Lichtschimmer wahrzunehmen ist. Dieses erste bemerkbare Licht ist farblos und macht den Eindruck von „stäbchenweißer" Helligkeit. Steigert man jetzt die Glühtemperatur, so nimmt das farblose Licht an Helligkeit zu, dehnt sich nach beiden Seiten des Spektrums aus und zur Helligkeitsempfindung gesellt sich nach und nach die Empfindung der Farbe. Mit dem Auftreten der Farbe macht sich zumal beim Überhitzen der Glühlampe die interessante Tatsache bemerkbar, daß die anfangs bei „Blaugrün" gelegene maximale Helligkeit mehr und mehr nach dem gelbgrünen Teil des Spektrums wandert. Zur Kontrolle dieser Verschiebung markiert man die hellste Stelle, läßt die Glühlampe langsam wieder dunkler und dunkler werden, bis nur jener „grauweiße" Lichtschimmer übrig bleibt, markiert auch diese Stelle und überhitzt nun plötzlich die Glühlampe, so daß man beide Marken erkennt.

Aus diesen Versuchen folgt also, daß die Stäbchen vor den Zapfen über die Schwelle schreiten und daß die Stäbchen ihre größte Empfindlichkeit im blaugrünen Spektralteile, die Zapfen im gelbgrünen besitzen. Diesem Versuche liegen die Experimente von DRAPER [1]) und H. F. WEBER [2]) zugrunde.

II. Versuch mit einem glühenden Platinblech.

Um den Wettstreit zwischen den Stäbchen und Zapfen zu zeigen, bediene ich mich eines relativ großen Platinblechs, welches durch den elektrischen Strom von schwacher Dunkelrotglut bis zu heller Rotglut allmählich erhitzt werden kann. Blickt man das Blech direkt an, so erscheint es stets rot und scharf begrenzt; sobald man aber daran vorbei schaut, nimmt es eine größere Helligkeit an, verliert seine Farbe und erscheint in weißlichem Glanze, wobei es gleichzeitig seine scharfen Konturen verliert. Diese Farbenänderung und Helligkeitssteigerung tritt selbst noch bei heller Rotglut ein.

[1]) DRAPER, Amer. Journ. of Sc. (2) 4, 1847; Phil. Mag. (3) 30, May 1847; Scient. Memoirs, p. 33, London, 1878.

[2]) H. F. WEBER, Berl. Akad. Ber. 1887, S. 491; Wied. Ann. 32, 256, 1887.

III. Versuch mit drei starkfadigen Glühlampen. („Grauglut" und „Rotglut" [1]).

a) Der Wettstreit zwischen den beiden Sehapparaten wird noch drastischer, wenn man sich mehrerer, z. B. wie hier dreier, parallel geschalteter, großer Glühlampen mit starken Fäden in je 1 bis $1^1/_2$ m Abstand bedient, deren Strom man langsam bis auf Null abschwächen kann. Solange die Helligkeit der Lampen so gering ist, daß die Stäbchen den Zapfen Konkurrenz machen, erscheint stets nur diejenige Lampe farbig (rotglühend), welche man direkt anblickt (fixiert), während die beiden anderen in farblosem, magischen, stäbchenweißen Lichte erscheinen. Wie schnell man auch den Blick von der einen Lampe zur andern schweifen läßt, stets erscheint die direkt gesehene rot, die anderen springen um in Weiß.

b) Um auch zu zeigen, daß die „Grauglut" eher über die Reizschwelle schreitet als die „Rotglut", schaltet man den Strom ganz aus, dann klingen die Lampen langsam ab (wegen der dicken Fäden) und es verschwindet die direkt rot gesehene Lampe vor den beiden anderen indirekt gesehenen, weißleuchtenden Lampen. Umgekehrt verläuft die Erscheinung, wenn man den Strom wieder einschaltet, so daß man durch periodisches Ein- und Ausschalten dieses Spiel beliebig oft wiederholen kann. Je dicker die Kohlefäden, um so besser gelingt dieser Versuch. Je größer der Hörsaal, um so größer wird man den Abstand der Lampen wählen.

IV. Versuch mit einem sehr kleinen blauleuchtenden Flämmchen.

Betrachtet man ein kleines, aus einer engen Öffnung brennendes Gasflämmchen [2]), dessen Größe man mittels eines Quetschhahnes beliebig verringern kann, abwechselnd direkt und indirekt, so tritt folgende Erscheinung auf. Das direkt fixierte und scharf

---

[1]) O. Lummer, „Grauglut und Rotglut". Verh. d. D. Phys. Ges. **16**, 121—127, 1897; Wied. Ann. **62**, 14—29, 1897.

[2]) Bei starkem Luftzug im Hörsaal verwendet man besser eine mit Sparbrenner versehene Gasglühlichtlampe.

gesehene (Kurzsichtige müssen sich immer dann, wenn scharf fixiert werden muß, geeigneter Brillengläser bedienen!), mit mattbläulichem Licht leuchtende Flämmchen verwandelt sich beim indirekten Sehen in eine ziemlich ausgedehnte Lichtscheibe von mondscheinfarbenem Glanze, umgeben von schwach leuchtender Zone.

V. Farblossehen des Spektrums bei geringer Beleuchtungsstärke.

Man entwirft ein helles, farbenreines Spektrum einer Bogenlampe und schwächt mit Hilfe zweier NICOLscher Prismen die Beleuchtungsstärke ganz allmählich ab. Es verschwinden zuerst die roten und blauen Farben, dann das Gelb und schließlich erscheint anstelle des farbigen Hellspektrums ein farbloses Dunkelspektrum, welches zumal bei peripherischer Betrachtung auf der ganzen Ausdehnung einen stäbchenweißen Glanz annimmt. (Der Vortragende knüpft an diese zuerst von Herrn v. BEZOLD gesehene, später von den Herren HERING und HILLEBRAND genauer verfolgte Erscheinung die Entstehung der KÖNIGschen und v. KRIESschen Theorie an.)

VI. Das PURKINJEsche Phänomen bei großen und kleinen Feldern.

a) Große Felder. Derselbe Projektionsapparat mit den beiden großen NICOLschen Prismen[1]) eignet sich auch recht gut, um das PURKINJEsche Phänomen zu demonstrieren. Zu diesem Zwecke ersetzt man den Spalt durch eine runde Öffnung und entwirft von ihr ein vergrößertes Bild auf den zu vergleichenden bunten Feldern. Als solche wählt man am besten bunte Papiere, von denen je vier Bogen zu einem großen Felde vereinigt werden. Als Farben eignen sich Rot und Blaugrün, welche so beschaffen sind, daß bei der stärksten erreichbaren Beleuchtung Rot gerade eben noch deutlich heller als Blaugrün empfunden wird. Falls die Papiere nicht richtig gewählt sind, so kann man jenen Effekt

[1]) Gütigst von der Firma FR. SCHMIDT u. HAENSCH zur Verfügung gestellt.

immer erreichen, wenn man in den Strahlengang geeignete bunte Gläser oder gefärbte Gelatineblätter einschaltet. Drückt man jetzt die Helligkeit langsam immer mehr und mehr herab, so erscheint bald Blaugrün heller als Rot, bis schließlich letzteres fast ganz unsichtbar wird, Blaugrün dagegen in farblosem „stäbchenweißen" Schimmer erglänzt.

b) Beobachtung kleiner Felder. Man bedeckt die großen Felder mit einer die beiden Farbenbilder bedeckenden, schwarzen Pappe[1]), welche in der Mitte so ausgeschnitten ist, daß man nur noch zwei kleine, sich berührende Stücke der beiden farbigen Papiere sehen kann. Wie sehr jetzt auch die Beleuchtungsstärke abnehmen mag, stets erscheint Rot heller als Blaugrün, vorausgesetzt, daß man die kleinen Flächen fixiert, und falls ihre Bilder auf der Netzhaut höchstens die macula lutea oder noch besser nur die fovea centralis bedecken, nicht aber auf Stellen mit beiderlei Sehapparaten zu liegen kommen. Dieser Bedingung ist bei einem großen Auditorium schwer für alle Zuschauer zu genügen! Bei den vorgeführten Versuchen betrug jedes große Feld 60 × 80 cm, jedes kleine 4 × 6 cm.

c) Abwechselnde Beobachtung kleiner und großer Felder. Um den Wettstreit zwischen den Zapfen und Stäbchen noch drastischer vor Augen zu führen, muß man abwechselnd die kleinen und großen Felder beobachten können. Dazu habe ich jenen Schirm mit dem Ausschnitt so angebracht[2]), daß er leicht auf- und abklappbar ist. Hat man die Beleuchtungsstärke bei Beobachtung der kleinen Felder genügend abgeschwächt, so daß man gerade eben noch erkennt, daß Rot heller als Blaugrün ist, dann klappt man den Schirm fort und allsogleich wandelt sich das Bild: es erscheint die große, blaugrüne Fläche farblos und magisch hell, während die rote Fläche einen fast schwarzen Ton annimmt.

Man beobachtet das PURKINJEsche Phänomen im gewöhnlichen Leben, wenn man bei trübem Himmel und fehlender

---

[1]) Noch besser überzieht man die Pappe mit Sammet oder mindestens Sammetpapier.

[2]) Siehe O. LUMMER: „Ziele der Leuchttechnik". 112 Seiten. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin.

Abendröte in der Dämmerstunde eine Bildergallerie besucht[1]). Dann erscheinen alle roten Tinten dunkel und schwarz, alle blauen Töne farblos und weißlich.

HELMHOLTZ erwähnt auch, daß bei sinkender Nacht von allen Gegenständen der blaue Himmel am längsten farbig (bläulichweiß?) erscheint. Und ich glaube kaum zu irren, wenn ich annehme, daß die Mondscheinlandschaft eine „Stäbchenlandschaft" ist. Wenigstens was den Silberglanz der Mondlichter betrifft, so ähnelt er ganz dem gespenstergrauen Weiß der Stäbchen.

VII. Gespenstersehen.

Das „Gespenstische" des Stäbchensehens tritt erst ein, wenn man eine genügend kleine Fläche betrachtet, deren Netzhautbild an Ausdehnung höchstens gleich der Stelle des deutlichsten Sehens ist und deren Helligkeitssteigerung man im Dunkeln von Null an verfolgt.

Um das „Gespenstersehen" vorzuführen, bediene ich mich der folgenden Vorrichtung. In einem mit einem Ausschnitt von 15 mm Durchmesser versehenen, sonst vollkommen geschlossenen Kasten befindet sich eine elektrische Glühlampe von 65 Volt, welche man mit 110 Volt speist und deren Strom beliebig bis zu Null abgeschwächt werden kann. Hinter dem Ausschnitt befindet sich eine matte Scheibe und vor ihm eine verschiebbare Messingplatte mit verschieden großen Löchern etwa von 3, 6 und 9 mm Durchmesser. Von der scharf begrenzten Öffnung entwirft man auf einem weißen Schirme ein vergrößertes, deutliches Bild und bringt in den Strahlengang mehrere Blätter blaugrün gefärbter Gelatine, so daß gerade die Stäbchen am stärksten erregt werden.

Solange die Helligkeit so gering ist, daß die Zapfen ausgeschaltet sind, erblicken wir den Lichtfleck indirekt und demnach farblos und ohne scharfe Konturen. Die Folge davon ist, daß er ganz verschwindet, sobald wir ihn fixieren. Dieses Verschwindenlassen gelingt auch noch, wenn man den Fleck so groß macht, daß sein Abbild die ganze macula lutea bedeckt (Einschaltung einer größeren Öffnung). Freilich ist das Fixieren dann

[1]) H. v. HELMHOLTZ: „Handbuch der Physiol. Optik". 2. Aufl., S. 429. Verlag von Leopold Voß, Leipzig 1896.

noch schwieriger, weil die geringste Bewegung des Auges den Fleck sichtbar macht und unser gern umherirrendes Auge unwillkürlich jene Stellung einnimmt, bei der es das meiste Licht auffängt. Es macht sich jetzt also jenes Spiel besonders bemerkbar, daß wir etwas sehen, was wir nicht fixieren, und daß das Gesehene unseren Blick flieht, sobald wir es genauer betrachten wollen [1]). Ist es aber für einen Augenblick gelungen, den Fleck zu fixieren, so bricht er allsobald wieder hervor und die Suche nach dem fliehenden, „gespensterhaften" Irrlicht beginnt von neuem. Erst wenn die Helligkeit so groß geworden ist, daß auch die Zapfen erregt werden (Verstärkung des Heizstromes der Glühlampe), hört dieser ungewohnte Zustand auf und wir können den Lichtfleck in aller Ruhe beobachten und seine scharfe Begrenzung und seine blaugrüne Farbe deutlich erkennen.

Weniger gut gelingt der Versuch bei Benutzung rotgefärbter Gelatine (Experiment), obgleich auch hier bei genügender Dunkelheit der Fleck zum Verschwinden zu bringen ist, analog dem Versuch III, wo die dunkelrot leuchtende Glühlampe beim Fixieren unsichtbar wurde, während die peripher beobachteten Glühlampen „Grauglut" zeigten.

D. Versuche mit dem Hellspektrum.

(Hypothese über die Ursache der Farbenblindheit.)

Mit der Trennung der Stäbchen und Zapfen und der Erkenntnis ihrer verschiedenen Wirkungsweise ist freilich noch nichts gewonnen für die Beantwortung der Frage, warum die Zapfen farbig differenzieren bzw. welches Mittels sie sich dabei bedienen und wodurch die Stäbchen ihre Fähigkeit erlangen, in der Dunkelheit lichtempfindlicher zu werden? Sicher ist nur, daß die Zapfen frei von „Sehpurpur" sind, so daß dieser vielleicht eine Rolle bei der „Dunkeladaptation" spielt.

Aber welche anatomischen Eigenschaften haben die Zapfen vor den Stäbchen voraus, so daß sie die „blaue" Energie von der „roten" zu unterscheiden vermögen? Denn daß diese Differen-

[1]) Vgl. O. Lummer, Beitrag zur Klärung der neuesten Versuche von R. Blondlot über die *n*-Strahlen. Diese Verhdlg. 5, 418, 1903.

zierung der Farben in der Netzhaut zustande kommt und nicht im Gehirn, scheint mir zweifellos.

Und tatsächlich besitzen bei den Vögeln, bei denen sich übrigens in der ganzen Ausdehnung der Retina viel mehr Zapfen als Stäbchen vorfinden (etwa so wie am Rande der macula lutea des Menschen außerhalb der fovea centralis) alle Zapfen solche farbendifferenzierenden Organe: bunte Ölkugeln, welche rot, gelb, blau und grün gefärbt sind. (Projektion einer Retina der Taube und des Sperlings.)

Aber diese Ölkugeln finden sich nur in den Zapfen der Vögel, gewisser Amphibien und Reptilien vor, nicht bei uns. Und doch haben auch unsere Zapfen eine eigentümliche Struktur vor den Stäbchen voraus: die Außenglieder weisen eine Reihe planparalleler Plättchen auf, deren Abstand nach MAX SCHULTZE von der Ordnung der Wellenlänge ist (Projektion). Ob diese Plättchen nach Art der LIPPMANNschen Farbenphotographien das weiße auffallende Licht differenzieren? Gegen diese Ansicht, welche, wie ich nachträglich fand, übrigens vor langer Zeit schon von W. ZENKER[1]) und MAX SCHULTZE ausgesprochen worden ist und wieder in Vergessenheit geraten zu sein scheint, spricht aber die neuere Tatsache, daß auch die Stäbchen bei der „Härtung" einen deutlichen Plättchenzerfall zeigen (Projektion). Freilich müßte erst noch nachgewiesen werden, daß diese in Plättchen zerfallenden Stäbchen nicht vom Rande der macula lutea stammen, ehe dieser anatomische Befund jene Hypothese zu widerlegen geeignet ist. Vielmehr möchte ich glauben, daß die Stäbchen da, wo sie die macula begrenzen, in einer Umwandlung zu „höheren" Wesen, den Zapfen, begriffen sind.

Wie dem aber auch sei, jedenfalls kann die totale Farbenblindheit oder das Fehlen jeglicher Farbenempfindung kaum noch durch das Schema der YOUNG-HELMHOLTZschen oder HERINGschen Theorie erklärt werden, indem man etwa annimmt, daß die Sehsubstanzen sich zu einer einzigen verschmolzen haben oder teils ausgeschaltet sind. Kommt doch das farbige Sehen den Zapfen und das farblose Sehen den Stäbchen zu! Das Sehen der Totalfarbenblinden ist also am einfachsten zu erklären, wenn man

[1]) W. ZENKER, Lehrbuch der Photochromie, Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1900.

annimmt, daß bei ihnen die Zapfen ganz ausgeschaltet sind, bzw. daß sie nur Stäbchen besitzen. Diese schon von A. KÖNIG ausgesprochene Ansicht wird bekanntlich gestützt durch die Tatsache, daß alle jene im Dunkeln lebenden Tiere (Fledermaus, Maulwurf, Igel, Nachtaffe usw.) wirklich gar keine Zapfen aufweisen. „Stäbchenseher" werden daher diese Tiere nach MAX SCHULTZE genannt. Die Untersuchungen von GREEFF zeigen, daß auch die Ratte an der fovea centralis nur Stäbchen besitzt (Projektion), und zwar von einer außerordentlichen Feinheit (Dicke 0,75 μ), und daß das Vorhandensein weniger Zapfen nur durch die in der äußeren Körnerschicht vorkommenden Zapfenkörner nachweisbar ist.

Die Stäbchenseher sehen also auch beim hellsten Tageslicht alles farblos und sind, falls ihre fovea centralis auch keine Stäbchen aufweist, an dieser Stelle totalblind, ganz wie wir beim Sehen im Dunkeln. Für die Totalfarbenblinden ist auch die sonnenbeleuchtete Landschaft eine Stäbchenlandschaft, wie es für uns die vom matten Mondlicht übergossene Landschaft ist. Die totale Farbenblindheit ist also ein wirklicher Defekt! Anders verhält es sich mit der sogenannten „partiellen Farbenblindheit", da die mit ihr behafteten Menschen nicht im eigentlichen Sinne des Wortes „farbenblind" sind, sondern nur weniger Farben im Spektrum unterscheiden als die Farbentüchtigen. Zutreffender für sie ist schon der Name „Farbenverwechsler", obwohl eine Farbenverwechslung nur bei Betrachtung von Pigmentfarben auftritt, während reine Spektralfarben von ihnen fast ebenso gut unterschieden werden wie von den Farbentüchtigen.

Aber wie ähnlich die beiden Systeme in vieler Hinsicht einander auch sind, so unterscheiden sie sich doch wesentlich in den folgenden drei Punkten, die wir am besten bei Betrachtung eines reinen, farbenprächtigen und lichtstarken Spektrums erörtern (Demonstration).

1. Während wir Farbentüchtigen sämtliche Farben Rot, Gelb, Grün, Blau und Violett erkennen, erscheint den „Farbenblinden" die blaugrüne Zone farblos und mit grauweißer Helligkeit leuchtend („neutrale" Zone der „Farbenblinden").

2. Die Farbenblinden sehen das rote bzw. das blaue Ende des Spektrums verkürzt.

3. Die „Farbenblinden“ mischen Rot und Blau zu Weiß, wo für uns Rosenrot als Mischfarbe entsteht.

Die gelben und blauen Stellen des Spektrums erscheinen den „Farbenverwechslern“ ebenso wie uns als grelle Farben; das gilt auch noch von den gelben und blauen Pigmentfarben. Aus alledem folgt also, daß auch das farbige Sehen der „Farbenblinden“ durch die Zapfen vermittelt wird wie das farbige Sehen der Farbentüchtigen. Und in Anbetracht dessen, daß wir die farbendifferenzierenden Elemente der Zapfen noch nicht kennen, ist es doppelt schwierig, über die Ursache der Unterschiede in der Farbenempfindung etwas auszusagen. Sind die Unterschiede beider Systeme durch den verschiedenen Bau der Zapfen bedingt?

Bei Erörterung dieser Frage und stutzig gemacht durch die merkwürdige Koinzidenz des Ortes der „neutralen“ Zone mit der maximalen Empfindlichkeitsstelle der Stäbchen, drängte sich mir der Gedanke auf, ob nicht einige der Eigentümlichkeiten des „farbenblinden“ Systems dadurch zu erklären seien, daß die Netzhaut der „Farbenverwechsler“ auch an der Stelle des direkten Sehens Stäbchen besitzt, wo wir nur Zapfen haben.

Ohne weiter nachzuforschen, ob diese Ansicht neu oder schon irgendwo geäußert worden ist, will ich Ihnen eine aus ihr gezogene Folgerung demonstrieren, welche beweist, daß man auch die auffallendste Erscheinung beim peripherischen Sehen erst bemerkt, wenn man darauf aufmerksam gemacht wird und nach ihr sucht.

Ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich behaupte, daß alle Anwesenden bisher noch niemals ein lichtstarkes Spektrum mit Absicht indirekt angeschaut haben. Wenn wir es tun (Demonstration), was erkennen wir da? Erstens erscheint in der Mitte des Spektrums eine ungefärbte, weiß glänzende, „neutrale“ Zone, ganz wie ich es vermutete, und zwar liegt diese an der Stelle des Blaugrün, wie Sie erkennen, wenn ich ein breites Lineal entlang dem Spektrum führe. Ferner aber verkürzt sich das rote Ende des Spektrums, während nur Rotgelb und Blau als Farben bestehen bleiben.

Aber noch eine weitere Konsequenz folgt aus der Hypothese, daß bei den „Farbenblinden“ auf der ganzen Netzhaut, auch an

der fovea centralis, Stäbchen und Zapfen konkurrieren. Denn wenn dies der Grund dafür wäre, daß die „Farbenblinden" Rot und Blau zu Weiß mischen, dann müssen auch wir beim indirekten Sehen dasselbe Kunststück nachmachen können. Tatsächlich gelingt es leicht, diese Konsequenz zu bestätigen. Dazu bringt man den roten und blauen Teil des Spektrums zur Deckung, während der Beobachter das Spektrum indirekt anschaut.

Oder aber man vereinigt alle aus einer Prismenfläche austretenden Strahlen zu Weiß, indem man die Linsenfläche abbildet und setzt in den Strahlengang hinter die abbildende Linse einen kleinen Schirm, welcher die gelben, grünen und blaugrünen Spektralbezirke abblendet. Dann erscheint das Mischfeld in herrlichstem Rosenrot beim direkten Sehen, weißglänzend dagegen bei peripherer Beobachtung. Blendet man zur Kontrolle abwechselnd das rote oder blaue am Schirm vorbeigehende Licht ab, so nimmt die indirekt gesehene, weißglänzende Fläche stets die entsprechende Farbe der wirksamen Strahlen an. Auffallend ist hierbei der Glanz, welcher dem peripher betrachteten Mischfelde eigentümlich ist und den Eindruck macht, als ob es selbstleuchtend oder fluoreszierend geworden wäre [1]).

Wieso freilich die Farbenverwechsler rote und grüne Pigmentfelder „grauweiß" sehen und somit verwechseln können, welche wir doch deutlich farbig empfinden, ist schwer zu sagen. Eine mögliche Erklärung wäre höchstens die, daß die fovea centralis im Hellen über die peripherischen Netzhautstellen siegt, und wir ausgedehnte, helle Flächen nicht mit einem Male überblicken, sondern mit der Fovea nacheinander abtasten. Jedenfalls verlieren die von den „Farbenblinden" verwechselten farbigen Papiere auch für uns ihre Farbensättigung erst, wenn wir sie wirklich peripher betrachten, wobei ihre Farbe auch bei Tagesbeleuchtung in eine grauweiße Farblosigkeit übergeht. Im Zustande der Dunkeladaptation wird umgekehrt die fovea centralis von den peripherischen stäbchenreichen Netzhautstellen überlistet und für unser Bewußtsein so gut wie ganz ausgeschaltet. (Vgl. PURKINJEsches Phänomen.)

[1]) Diese Mischungsversuche sind von Herren Prof. PRINGSHEIM, Dr. GEHRCKE und mir auch noch mit Erfolg angestellt worden in einem Raume, welcher durch zwei Glühlampen, wenn auch nur mäßig, erhellt war.

Auf noch größere Schwierigkeit scheint mir die weitere Schlußfolgerung zu stoßen, daß die Farbenblinden ja nach obiger Hypothese das PURKINJEsche Phänomen und das Wandern der „neutralen" Zone mit abnehmender Intensität auch bei zentraler Beobachtung bemerken müßten. Wie mir Herr Prof. NAGEL aber gütigst mitteilte, ist bei ihm das Fehlen des PURKINJEschen Phänomens wenigstens in der fovea centralis absolut feststehend [1]). Da aber gleichwohl seine fovea centralis „farbenblind" ist, so sehe ich mich veranlaßt, zu der obigen Hypothese noch die weitere Annahme zu fügen:

Die in der fovea centralis und zum Teil wohl auch noch die in der macula lutea befindlichen Stäbchen der „Farbenblinden" sind ihrer Adaptationsfähigkeit verloren gegangen und dafür auch beim Hellsehen mit einer größeren Empfindlichkeit ausgestattet, als die Stäbchen der Farbentüchtigen.

Wir wollen diese Stäbchen als „zentrale" und „hellsehende" Stäbchen bezeichnen zum Unterschied von den „peripherischen" und „dunkelsehenden" Stäbchen. Um ihre Existenz nachzuweisen, sind vor allem physiologische Versuche notwendig, welche den Unterschied des zentralen Sehens bei verschieden großen Feldern zwischen den Farbentüchtigen und den „Farbenblinden" dartun. Das PURKINJEsche Phänomen und die Abhängigkeit der Farbengleichung bzw. das Wandern der „neutralen" Zone bei abnehmender Intensität muß für die verschiedenen Individuen genauer studiert werden, um zu erkennen, bis wie weit die Stäbchen bei uns an die Fovea heranreichen und wo die „zentralen" Stäbchen der Farbenblinden beginnen, adaptationsfähig zu sein und in „peripherische" überzugehen.

Vielleicht läßt sich die aufgestellte Hypothese auch durch anatomische Untersuchungen der Netzhaut „Farbenblinder" prüfen, obgleich es schwer sein dürfte, die zentralen Stäbchen von den

[1]) Verhielte es sich bei Herrn Prof. BRODHUN („Rotgrünverwechsler") ebenso, dann wäre rückwärts zu schließen, daß dieser Beobachter seine fundamentalen Versuche über das „Wandern der neutralen Zone" (ein deutlicher Beweis für den Wettkampf der Stäbchen und Zapfen) bei der Kleinheit der Farbenfelder im HELMHOLTZschen Farbenmischapparat, wenn auch unbewußt, mit extrafovealen bzw. peripherischen Netzhautstellen angestellt haben müßte.

Zapfen zu unterscheiden, insofern ja ganz allgemein gilt, daß die Zapfen den Stäbchen in ihrem Bau um so ähnlicher sind, je näher sie dem Zentrum liegen (Projektion). Immerhin sollte man hinfüro bei der anatomischen Prüfung der Netzhaut unterscheiden, ob sie einem normalen oder anormalen Auge angehört hat.

Wenn ich mir auch bewußt bin, daß diese vielleicht nicht einmal neue Hypothese noch keineswegs wirklich ernste Prüfungen bestanden hat, so glaubte ich sie doch veröffentlichen zu sollen, da sie, auch wenn sie sich als falsch erweisen sollte, Fingerzeige zu neuen Experimenten und Untersuchungen zu geben imstande ist. Auch läßt sich gegen dieselbe vom rein logischen und zoologischen Standpunkte nichts einwenden. Denn wenn es Tiere gibt, die weit mehr Zapfen als Stäbchen haben (Vögel), wenn es Tiere und Menschen gibt, die nur Stäbchen besitzen (Dunkeltiere und Totalfarbenblinde) und wenn zwischen beiden Klassen wir Farbentüchtigen liegen, bei denen mehr Stäbchen als Zapfen vorhanden sind und eine winzige Stelle nur stäbchenfrei ist, warum soll es da nicht Individuen geben, bei denen die Stäbchen auch noch auf jener winzigen Stelle zurückgeblieben sind? Und wenn dies der Fall, dann ist es nicht wunderbar, daß diese „zentralen" Stäbchen bei fortwährender Inanspruchnahme sich zu hellsehenden Wesen entwickelt und ihre Adaptationsfähigkeit verloren haben. Die große Anzahl der Farbenblinden (3 Proz. aller männlichen und $^1/_4$ Proz. aller weiblichen Individuen) spricht eher für die aufgestellte Hypothese, welche zugleich die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Individuen leicht zu erklären vermag. Denn je nach der Anzahl der zentralen Stäbchen, je nach dem Grade ihrer Empfindlichkeit, je nach dem Umkreise, in dem sie ihre Anpassungsfähigkeit verloren haben, je nachdem sie die Zapfen überhaupt verdrängt haben usw., kann die Farbenempfindung aus der Farbentüchtigkeit in eine feinere oder gröbere Farbenverwechslung und selbst in totale „Farbenblindheit" übergehen.

Über Polarisation langwelliger Wärmestrahlen durch Drahtgitter;

von H. du Bois und H. Rubens.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 22. Januar 1904.)

(Vgl. oben S. 61.)

Vor 11 Jahren haben wir eine Abhandlung veröffentlicht (Berichte der Berliner Akad., Dez. 1892, S. 1129 und Wied. Ann. 49, 593, 1893), welche die Polarisation ungebeugter ultraroter Strahlen durch feine Drahtgitter zum Gegenstand hatte. Daß Lichtstrahlen bei dem Durchgang durch enge Spalte eine partielle Polarisation erfahren, ist von FIZEAU[1]) bereits im Jahre 1861 beobachtet und seither von mehreren Physikern bestätigt worden. Ferner hat der eine von uns[2]) nachgewiesen, daß auch enge Gitter aus feinem Silberdraht eine ähnliche Polarisationswirkung auf die ungebeugt hindurchgehenden Lichtstrahlen ausüben. In allen diesen Fällen ergab sich die Polarisationsrichtung des durchgehenden Lichts senkrecht zur Spaltöffnung. Nur in der genannten Arbeit von FIZEAU findet sich die Beobachtung, daß Licht, welches durch äußerst enge Spalte hindurchgegangen ist (Spaltbreite $< 0{,}1\,\mu$), parallel der Spaltrichtung polarisiert wird. Erreicht die Spaltbreite aber die Größenordnung der Lichtwelle, so liegt die Polarisationsrichtung zur Spaltrichtung senkrecht.

Wir wurden bei unseren oben zitierten Versuchen von dem Gedanken geleitet, daß wir zu einfacheren Verhältnissen gelangen würden, wenn wir nicht die kurzwellige sichtbare, sondern die langwellige ultrarote Strahlung zum Gegenstand unserer Untersuchung machten. Abgesehen von dem günstigeren Verhältnis der Wellenlänge zur Öffnungsbreite ist man im ultraroten Spektralgebiet von den molekularen Eigenschwingungen der Substanzen weniger abhängig, welche ihr Verhalten im sichtbaren Spektrum

[1]) H. FIZEAU, Ann. de chim. et phys. (3) 63, 385, 1861.

[2]) H. DU BOIS, Wied. Ann. 46, 548, 1892. Vgl. auch FRANZ BRAUN, Über Polarisation durch Metalldrahtgitter. Inaug.-Diss. Berlin 1896.

völlig beherrschen [1]), so daß hier eine Prüfung der elektromagnetischen Lichttheorie auf große Schwierigkeiten stößt. In der Tat ergab sich im ultraroten Spektrum ein sehr einfacher Verlauf der Erscheinung.

Bei sämtlichen von uns untersuchten Metalldrahtgittern aus Silber, Gold, Platin, Kupfer und Eisen zeigte sich zuerst mit zunehmender Wellenlänge ein erhebliches Anwachsen der Polarisation senkrecht zur Spaltrichtung, dann ein Maximum [2]), bei noch größerer Wellenlänge eine Abnahme bis auf 0 und eine Umkehr der Polarisationswirkung, so daß von diesem Indifferenzpunkte ab die Gitter die einfallende Strahlung sämtlich in der Spaltrichtung polarisieren, und zwar um so stärker, zu je größeren Wellenlängen man fortschreitet. Dies Verhalten aber stimmt mit den Forderungen der elektromagnetischen Lichttheorie völlig überein, da der elektrische Vektor zweifellos als senkrecht zur Polarisationsebene schwingend angenommen werden muß, und da ferner nach den Versuchen von HERTZ ein Drahtgitter für elektrische Wellen erheblich durchsichtiger ist, wenn die Drahtrichtung zur Schwingungsrichtung des elektrischen Vektors senkrecht steht, als wenn diese beiden Richtungen zusammenfallen.

Unsere früheren Versuche erstrecken sich nur bis zu Wellenlängen von etwa 5 μ; die geringste verfügbare, durch Neigung der Gitter hervorgebrachte Öffnungsbreite betrug 10 μ. Diese letztere war also selbst im günstigsten Falle noch doppelt so groß wie die Wellenlänge. Durch die Untersuchungen der letzten Jahre auf dem Gebiet der Reststrahlen ist man aber jetzt in die Lage gekommen, derartige Versuche mit Wellen von erheblich größerer Länge auszuführen. Solche Versuche sind für Ritzgitter (versilberte Glasspiegel, deren Versilberung mit Hilfe der Teilmaschine

---

[1]) E. HAGEN u. H. RUBENS, Ann. d. Phys. (4) 11, 873, 1903.

[2]) Die Wellenlängen des Maximums der Polarisation λ_M sowie des Interferenzpunkts λ_N ergaben sich bei unseren Untersuchungen für die verschiedenen Metalle verschieden, aber unabhängig von den Dimensionen des Gitters. Die l. c., S. 608, in Tab. IV angegebenen Wellenlängen λ_M und λ_N sind den Messungen von RUBENS und SNOW (Wied. Ann. 46, 530, 1892) entnommen und nach neueren Beobachtungen von H. RUBENS (Wied. Ann. 51, 381, 1894) und F. PASCHEN (Wied. Ann. 53, 301, 1894) etwas zu groß; die Fehler sind jedoch nur unbedeutend und erreichen an keiner Stelle 3 Proz., was hier nicht in Betracht kommt.

streifenweise entfernt wurde) auch bereits von dem einen von uns [1]) in Gemeinschaft mit Herrn E. F. NICHOLS in der ersten Abhandlung über die „Reststrahlen" beschrieben worden (siehe S. 460). Ein Silbergitter, welches pro Millimeter etwa 100 ungefähr 5 μ breite Silberstreifen enthielt, reflektierte die durch eine Chlorsilberplatte filtrierten Reststrahlen von Flußspat, deren mittlere Wellenlänge dann 23,7 μ beträgt, mehr als doppelt so stark, wenn die Polarisationsebene dieser letzteren zur Richtung der Gitterstreifen senkrecht stand, als im umgekehrten Fall. Wurde der Einfluß der Glasplatte eliminiert, auf welcher das Gitter niedergeschlagen war, so ergab sich ein noch erheblich extremeres Verhältnis (1 : 3,66).

Es ließ sich hiernach erwarten, daß wir auch, unter Anwendung der Reststrahlen, mit unseren früher benutzten Drahtgittern zu erheblich größeren Polarisationswirkungen kommen würden. In der Tat hat sich diese Erwartung für das von uns früher als *Pt I* bezeichnete Platingitter vollkommen bestätigt. Leider haben unsere anderen Gitter, namentlich dasjenige aus vergoldetem Silberdraht, teilweise wohl infolge von Quecksilberdämpfen, Veränderungen der Oberfläche gezeigt, welche im Laufe der Zeit immer stärker hervorgetreten sind, und welche erst beseitigt werden müssen, wenn es uns gelingen soll, mit Hilfe dieser Gitter einwandfreie Resultate zu erzielen. Wir beschränken uns deshalb hier zunächst auf die Wiedergabe der an dem völlig intakten Platingitter beobachteten Werte.

Wir haben unsere Versuche mit Reststrahlen von Flußspat (mittlere Wellenlänge 25,5 μ) und für Reststrahlen von Steinsalz (mittlere Wellenlänge 51,2 μ) ausgeführt. Als Strahlungsquelle diente der Glühstrumpf eines Auerbrenners. Die Strahlen wurden durch Reflexion an Glas- bzw. Quarzplatten unter dem Polarisationswinkel polarisiert [2]), dann an vier Fluorit- bzw. fünf Steinsalzflächen reflektiert und endlich mittels eines Hohlspiegels auf einer

---

[1]) H. RUBENS und E. F. NICHOLS, Wied. Ann. 60, 418, 1897.

[2]) Hierbei wurde der Brechungsexponent des Glases für die Reststrahlen des Flußspats zu 2,6, derjenige des Quarzes für die Reststrahlen von Steinsalz zu 2,2 angenommen. (Vgl. H. RUBENS und E. F. NICHOLS, l. c., und H. RUBENS und E. ASCHKINASS, Wied. Ann. 67, 463, 1899.)

Thermosäule vereinigt. Die Einschaltung des Gitters geschah entweder in der Nähe der Lichtquelle oder vor der Thermosäule.

Das Platingitter (*Pt I* unserer früheren Arbeit) besteht aus 25 μ dicken Platindrähten, die Gitterkonstante beträgt 50 μ, der Abstand zwischen zwei benachbarten Drähten stimmt also mit der Drahtdicke vollkommen überein. Es ist dies durch die eigentümliche Art der Herstellung dieser Gitter bedingt, welche von uns ausführlich beschrieben worden ist [1]). Ein solches Gitter liefert, senkrecht in den Strahlengang gestellt, außer dem Hauptbild nur die Beugungsbilder erster, dritter, fünfter .... Ordnung, während die Beugungsbilder mit gerader Ordnungszahl ausfallen. Für unendlich kurze Wellen soll die Intensität des Mittelbildes gleich $\frac{A}{4}$, diejenige eines Bildes erster Ordnung gleich $\frac{A}{\pi^2}$, die eines Bildes dritter Ordnung gleich $\frac{A}{9\pi^2}$, die eines solchen fünfter Ordnung gleich $\frac{A}{25\pi^2}$ usf. sein, wenn die auffallende Strahlungsintensität mit A bezeichnet wird.

Wir haben uns auch diesmal, aus den bereits früher angegebenen Gründen (l. c. S. 622, § 26), auf die Untersuchung des Zentralbildes, d. i. der ungebeugten Strahlung, beschränkt. Für diese ungebeugte Strahlung haben wir die Durchlässigkeit des Gitters ermittelt, erstens, wenn die Strahlen unpolarisiert waren (Q_m), zweitens, wenn ihre Polarisationsrichtung mit der Drahtrichtung zusammenfiel (Q_p) und drittens, wenn diese beiden Richtungen aufeinander senkrecht standen (Q_s). Da indessen durch die vielfache Reflexion der Reststrahlen an den Fluorit- bzw. Steinsalzflächen bereits eine erhebliche partielle Polarisation, auch ohne Anwendung einer besonderen Polarisationsvorrichtung vorhanden war, wurde bei der Bestimmung von Q_m das Gitter so in den Strahlengang eingeführt, daß die Drähte einen Winkel von 45° gegen die Polarisationsrichtung bildeten. Die folgende kleine Tabelle enthält die Resultate unserer Messung für die Reststrahlen von Flußspat und Steinsalz, sowie für Strahlen von der Wellenlänge $\lambda = 5\ \mu$; diese letzten Zahlen sind unserer früheren Abhandlung entnommen.

---

[1]) H. du Bois und H. Rubens, Naturw. Rundsch. 8, 1893.

Platingitter *Pt I.*

Drahtdicke $d = 25\ \mu$, Gitterkonstante $a = 50\ \mu$, Öffnungsbreite $b = 25\ \mu$.

Wellenlänge λ	Q_m	Q_s	Q_p	$u^2 = \frac{Q_s}{Q_p}$
5 μ	0,223	0,198	0,248	0,80
25,5 μ	0,297	0,230	0,265	0,63
51,2 μ	0,535	0,332	0,738	0,45

Mit Hilfe eines zweiten Platingitters, welches mit *Pt I* (als Zwilling) gleichzeitig hergestellt worden war und daher in seinen Abmessungen mit diesem identisch ist, wurden sämtliche Messungen wiederholt. Die Resultate ergaben sich mit den angegebenen Zahlen in völliger Übereinstimmung.

Man erkennt, daß die Durchlässigkeiten Q_m, Q_s und Q_p mit wachsender Wellenlänge sämtlich zunehmen. Diese Zunahme ist jedoch für Q_s eine geringe, für Q_p eine sehr erhebliche. Das Verhältnis $u^2 = \frac{Q_s}{Q_p}$ nimmt daher mit wachsender Wellenlänge stark ab, wie dies auch nach der elektromagnetischen Lichttheorie zu erwarten ist.

Die erhebliche Zunahme von Q_m mit wachsender Wellenlänge verdient gleichfalls besonderes Interesse. Der theoretische Wert von Q_m für solche Wellen, welche im Vergleich mit der Gitterkonstante a sehr klein sind, beträgt, wie bereits hervorgehoben wurde, ein Viertel der einfallenden Intensität, d. h. $Q_m = 0{,}25$. Mit diesem Wert ist die für $\lambda = 5\ \mu$ beobachtete Größe von $Q_m = 0{,}223$ in genügender Übereinstimmung, insbesondere wenn man berücksichtigt, daß der theoretischen Berechnung der Intensität in den Beugungsspektren die hier nicht zutreffende Annahme eines völlig ebenen, unendlich dünnen Beugungsgitters zugrunde gelegt ist. Bei $\lambda = 25{,}5\ \mu$ erhebt sich der beobachtete Wert von Q_m bereits bedeutend über den für kurze Wellen, da hier bereits sämtliche Beugungsbilder mit Ausnahme derjenigen erster Ordnung wegfallen, wodurch die Intensität der ungebeugten Strahlung vergrößert wird. Für die Reststrahlen von Steinsalz endlich, deren Wellenlänge größer ist als die Gitterkonstante a, kann über-

haupt keine Beugung im gewöhnlichen Sinne mehr eintreten. Der theoretische Wert von Q_m beträgt in diesem Fall 0,5, was mit dem beobachteten 0,535 wieder in genügender Übereinstimmung ist.

Von einer Schrägstellung des Gitters zur Verringerung der scheinbaren Öffnungsbreite, wie sie in unserer früheren Arbeit angewendet wurde, haben wir bei diesen Versuchen infolge der geringen Strahlungsintensität Abstand nehmen müssen.

Charlottenburg, Physikal. Institut der Techn. Hochschule,
Januar 1904.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Vorlesungen

über

Experimentalphysik

von

August Kundt,

weiland Professor an der Universität Berlin,

herausgegeben von

Karl Scheel.

Mit dem Bildnis Kundts, 534 Abbildungen und einer farbigen Spektraltafel.

gr. 8. Preis geh. 15 M., geb. 17 M.

Die Vorlesungen Kundts verdanken ihre Veröffentlichung dem vielfach ausgesprochenen Wunsche früherer Schüler des großen Experimentators, die Vorlesungen nicht der Vergessenheit anheimfallen zu lassen.

Der Umstand, daß das Manuskript ein einheitliches Ganzes darbot, mußte jeden Versuch zurückweisen, durch Einfügung neuer Kapitel die Fortschritte der Wissenschaft im letzten Jahrzent zu berücksichtigen und dadurch die Vorlesungen zu einem Lehrbuch der Physik auszugestalten, um so mehr, als dieselben hierdurch sehr an ihrer Originalität eingebüßt haben würden.

Kundts Vorlesungen geben ein Bild des klassischen Bestandteils der physikalischen Wissenschaft und sind vermöge der überaus anschaulichen und leicht verständlichen Sprache so recht geeignet, nicht nur dem Studierenden der Physik als Leitfaden neben den gehörten Vorlesungen zu dienen, sondern auch dem Schüler die Einführung in die physikalischen Erscheinungen zu erleichtern. Vor allem wird aber auch derjenige, welcher mit den Lehren der Physik vollkommen vertraut ist, sich der eleganten und originellen Darstellung der ihm bekannten Tatsachen stets aufs neue freuen.

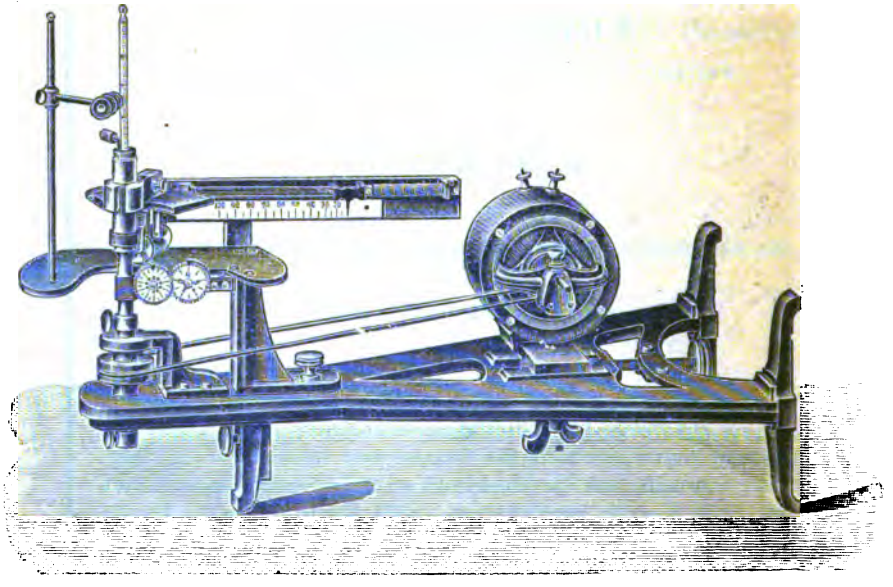
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 3*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — Reine Physik

Richard Assmann — Kosmische Physik

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Inhalt.

Seite

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Bekanntmachung, betreffend das Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München 81

Bericht über die Sitzung vom 5. Februar 1904 83

E. Lampe, Gedächtnisrede für den Direktor Professor Dr. Julius Lange. (Gesprochen in der Sitzung vom 5. Februar 1904.) 85

J. Precht, Die Wärmeabgabe des Radiums. (Vorgelegt in der Sitzung vom 5. Februar 1904.) 101

J. Stark, Versuche über die Ionisierung durch den Stoß positiver Ionen. (Vorgelegt in der Sitzung vom 5. Februar 1904.) . . 104

Erich Marx, Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme. (Antwort auf die Erwiderung des Herrn Starke.) 121

2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.

I. Allgemeine Physik 31
II. Akustik 33
III. Physikalische Chemie 33
IV. Elektrizität und Magnetismus 36
V. Optik des gesamten Spektrums 39
VI. Wärme 40
VII. Kosmische Physik 41

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 15. Februar 1904. Nr. 3.

Bekanntmachung

betreffend das Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München.

Vorstand und Wissenschaftlicher Ausschuß der Deutschen Physikalischen Gesellschaft begrüßen die Gründung des Museums im Sinne der Erweckung und Förderung des Interesses für die historische Entwickelung der Physik und sprechen die Hoffnung aus, daß das Unternehmen seitens der deutschen Physiker und staatlichen Institute tatkräftige Unterstützung erfahren möge.

Sitzung vom 5. Februar 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG.

An Stelle des verstorbenen Hrn. **v. Hefner-Alteneck** wird Hr. **E. Pringsheim** zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt.

Hr. **E. Warburg** legt eine Mitteilung des Hrn. **Erich Marx**:

Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme
(Antwort auf die Erwiderung des Hrn. STARKE)

vor.

Sodann spricht Hr. **E. Lampe** eine

Gedächtnisrede für den Direktor Professor Dr. JULIUS LANGE.

Ferner erläutert Hr. **H. Rubens** seine schon in voriger Sitzung vorgelegte Mitteilung:

Über Polarisation langwelliger Wärmestrahlen durch Drahtgitter.

(Nach gemeinsam mit Hrn. **H. du Bois** angestellten Versuchen.)

Die Mitteilung ist bereits in Heft 2 dieser Verhandlungen, S. 77, abgedruckt.

Endlich legt Hr. **H. Starke** zwei Mitteilungen von

1. Hrn. **J. Precht**:

Die Wärmeabgabe des Radiums,

2. Hrn. **J. Stark**:

Versuche über die Ionisierung durch den Stoß positiver Ionen

vor.

Als Mitglieder wurden in die Gesellschaft aufgenommen:

Hr. Dr. BRUNO GLATZEL, Berlin SW., Gneisenaustr. 4.
(Vorgeschlagen durch Hrn. MICKE.)

Hr. Prof. Dr. HARTMANN, Potsdam, Kgl. Astrophysikalisches Observatorium.
(Vorgeschlagen durch Hrn. LÜDELING.)

Gedächtnisrede für den Direktor Professor Dr. Julius Lange; von E. Lampe.

(Gesprochen in der Sitzung vom 5. Februar 1904.)

(Vgl. oben S. 84.)

In der Mitte der großen Pause, die im letzten Sommer, wie immer, die regelmäßigen Sitzungen der Physikalischen Gesellschaft unterbrach, wurden wir durch die erschütternde Nachricht von dem plötzlichen Tode unseres Mitgliedes, des Direktors Professor Dr. JULIUS LANGE, überrascht, eines langjährigen, treuen Mitgliedes, der, auf der Höhe seines Lebens in geachteter Stellung und weit ausgebreiteter Wirksamkeit stehend, ohne vorhergehendes Anzeichen des nahen Endes am Abend des 22. August aus dem Kreise der nach einer Konferenz mit ihm zum Abendessen versammelten Direktoren der Berliner Realgymnasien und Oberrealschulen durch einen Herzschlag zur ewigen Ruhe abgerufen wurde.

Wollen wir uns sein Bild vergegenwärtigen, wie er in ernstem Streben und heiterer Ruhe unseren Sitzungen beiwohnte und in Nachsitzungen zur Belebung des geselligen Verkehrs viel beitrug, so wird uns die Zeit wieder lebendig, in der die Physikalische Gesellschaft sich in den bescheidensten Formen bewegte und dennoch in dem Leben der Berliner gelehrten Gesellschaften eine hervorragende Rolle spielte. Die höhere Lehranstalt in der Niederwallstraße, welche bei ihrer Gründung einfach Gewerbeschule hieß, während sie später durch den Zusatz Friedrichs-Werdersche von der Luisenstädtischen unterschieden wurde, bis sie endlich in Friedrichs-Werdersche Oberrealschule umgenannt wurde, diese Gewerbeschule stellte ihr nicht allzu geräumiges

Lehrerzimmer für die Sitzungen zur Verfügung. Der Direktor GALLENKAMP ordnete die in den Räumen desselben Hauses aufgestellte Bibliothek. RÜDORFF, der den chemischen Unterricht dieser Schule leitete, sorgte als Schriftführer für die Beschaffung von Vorträgen und lieferte aus den Sammlungen der Schule die Apparate, welche bei der Vorführung von Versuchen gebraucht wurden. Der erste Mathematiker der Schule, Professor ROEBER, einer der ältesten Mitarbeiter an den Fortschritten der Physik, leitete als stellvertretender Vorsitzender oft die Verhandlungen in den Sitzungen, und der erste Physiker, BARENTIN, trat zwar schon am Anfang der siebziger Jahre in den Ruhestand, übte aber durch seine freundschaftliche Verbindung mit POGGENDORFF und RÜDORFF auch nach seinem Rücktritt noch immer einen anregenden Einfluß aus, den nur diejenigen zu schätzen vermögen, welche im vertrauten Verkehr mit jenem Kreise gestanden haben. Somit besaß die Physikalische Gesellschaft in jener Gewerbeschule damals ihr Heim, in dem Lehrerkollegium einen Stamm tätiger und fürsorgender Mitglieder.

In diese Umgebung seit 1873 durch den Beruf gestellt, wurde unser verstorbener Freund natürlich sofort bewogen, an den Sitzungen der Gesellschaft teilzunehmen, und er zog mit uns allen, mit DU BOIS-REYMOND, HELMHOLTZ, KIRCHHOFF, BRIX, GROSSMANN in das Restaurant des roten Schlosses am Schloßplatze zu den interessanten Nachsitzungen. Er blieb uns treu, als wir in das neugebaute physikalische Institut übersiedelten, und als durch den Rücktritt von BRIX 1899 die Stelle eines Kassenrevisors erledigt wurde, übertrug unsere Gesellschaft ihm dieses Amt, wählte ihn somit in den Vorstand. Von vielen Berufsgeschäften belastet und in dem Wunsche, jüngere Kräfte in dem Vorstande tätig zu sehen, erklärte er 1901, daß er eine Wiederwahl ablehnen müsse. Nun ist er zu unserm Schmerz uns allzu früh und schnell entrissen worden; ein Leben hat geendigt, das reich an Mühe und Arbeit, reich aber auch an innerer Befriedigung und äußerer Anerkennung gewesen ist.

ERNST JULIUS LANGE wurde am 17. November 1846 zu Liebenwalde am Finowkanal unweit Berlin als Sohn eines Ackerbürgers geboren, verwaiste aber mit einem älteren Bruder schon früh, indem die Cholera 1852 ihm beide Eltern entriß. Bei Ver-

wandten seines Geburtsortes auferzogen, besuchte er bis zu seiner Konfirmation die Liebenwalder Volksschule und betätigte sich eifrig bei den landwirtschaftlichen Arbeiten der Familie. Einer seiner Lehrer, der seine hervorragenden Fähigkeiten zu schätzen wußte, empfahl den für ihn sorgenden Verwandten dringend, die weitere Ausbildung des talentvollen Knaben in die richtigen Wege zu leiten. Auf diese Anregung hin wurde ihm in der Tat zu Ostern 1861 der Besuch des Berlinischen Gymnasiums zum grauen Kloster ermöglicht, indem eine Berliner Verwandte ihn bei sich aufnahm. Wegen seiner mangelhaften Vorbildung in den fremden Sprachen mußte er im Alter von $14^1/_2$ Jahren seine Gymnasialzeit mit der Oberquarta beginnen. Die größere geistige Reife, die er in der Schule des Lebens gewonnen hatte, und sein darin wurzelnder beharrlicher und zielbewußter Fleiß förderten seine Fortschritte jedoch derart, daß er die drei ersten Klassen in je einem halben Jahre durchmachte, die folgenden von Untersekunda an in der vorgeschriebenen Zeit. Demnach konnte er Ostern 1867 als Primus omnium mit vorzüglichem Reifezeugnis das Gymnasium verlassen und das Studium beginnen.

Auf der ehrwürdigen Klosterschule hatten sich seine äußeren Verhältnisse schon angenehmer gestaltet. Der menschenfreundliche Direktor Fr. Bellermann hatte sich des verwaisten und unbemittelten Knaben angenommen. Der nachmalige Stadtschulrat und spätere Direktor Hofmann erwies ihm als Professor des Gymnasiums zu jener Zeit manche Freundlichkeit. Vor allem aber machte sich in den oberen Klassen der Einfluß des Professors Franz geltend, des einstigen Mitarbeiters von G. Wiedemann in den bekannten Versuchen zur Vergleichung der thermischen und elektrischen Leitung in den Metallen. Als Lehrer der Mathematik und der Physik weckte dieser vortreffliche Mensch die besonderen Fähigkeiten, die in dem Jüngling schlummerten; seinem Unterricht ist es zu danken, daß Lange sich dem Studium der Mathematik zuwandte. — Das freundschaftliche Verhältnis, das sich in jener Zeit entspann, blieb in der Folgezeit bestehen und entwickelte sich zu einem ungemein innigen; der „Onkel“ Franz erfreute sich des Familienglückes seines früheren Schülers, übernahm eine Patenstelle bei einem Kinde desselben und erst mit seinem Tode erlosch die väterliche Zuneigung. — Durch die Für-

sorge der genannten Männer erhielt LANGE in den drei letzten Jahren seiner Schulzeit eine der zwölf Alumnenstellen des Gymnasiums und wurde dadurch der dringendsten Sorgen um die Bedürfnisse des täglichen Lebens überhoben, obwohl er nach wie vor einen Teil seiner freien Zeit der Erteilung von Privatstunden zu opfern genötigt war. Die Gewährung eines Stipendiums aus der STREITschen Stiftung des Gymnasiums auf drei Jahre eröffnete endlich dem Abiturienten die Möglichkeit einer Durchführung des Studiums.

Im Vertrauen auf die jugendliche Kraft und in der Hoffnung auf ein fröhliches Gelingen bezog der Jüngling, der von den verstorbenen Eltern über eine kleine Summe als Erbteil verfügte, im Sommer 1867 die Universität Bonn. In den Stunden, die nicht von Kollegien besetzt waren, durchstreifte er die Umgebungen der schönen Musenstadt am Rhein, und der sonnige Widerschein dieses ersten Semesters verklärte für sein ganzes Leben die Erinnerungen an seine Studienzeit. Nach Berlin zurückgekehrt, nahm er die Stelle eines Hauslehrers zweier Knaben bei einem verwitweten Rentner KOHTE an. In dem Hause desselben wohnend, erwarb er sich an dem Vater seiner Zöglinge einen väterlichen Freund, der ihm über viele Schwierigkeiten des späteren Lebens hinweg half. So konnte er es wagen, schon im nächsten Jahre, am 1. Oktober 1868, als Einjährig-Freiwilliger in das Kaiser Franz-Garde-Grenadier-Regiment einzutreten, ohne seine Hauslehrerstelle während des Dienstjahres aufzugeben. Die Offenheit, mit der er während seines ganzen Lebens seine Gedanken auszusprechen pflegte, verführte ihn in der Kasernenstube dazu, den Grenadieren, die wie üblich über die Leistungen der Einjährigen witzelten, seine Ansichten über körperliche und geistige Arbeit in etwas erregter Weise auseinander zu setzen. Durch Zwischenträgerei aufgebauscht, wurde der Vorfall an den Hauptmann berichtet, und eine Arreststrafe war die nächste Folge; schwerer wog der Umstand, daß JULIUS LANGE nun nicht die Qualifikation zum Reserveoffizier erlangte und daher später den französischen Feldzug als Gefreiter mitzumachen hatte.

In der Mitte des Monats Juli 1870 war er mit seinen beiden Zöglingen während ihrer Sommerferien auf einer Vergnügungs-

reise nach London gelangt und durch den Besuch der dortigen Sehenswürdigkeiten in Anspruch genommen, als er ganz unvermutet durch die Riesenplakate der großen Londoner Zeitungen in den Straßen dieser Stadt die Nachricht von der Kriegserklärung Frankreichs an Deutschland erhielt. Als Reservist war er gezwungen, schleunigst nach Berlin zurückzueilen. Nicht seinem alten Regiment wurde er zugeteilt, sondern, wie das damals vielen in Berlin wohnenden Reservisten und Landwehrmännern erging, er wurde einem Regiment in der Provinz überwiesen, und zwar dem 37. Infanterie-Regiment in Posen. Alle Anstrengungen und Bitterkeiten des Feldzuges hat er vom Anfang bis zum Ende ertragen und überstanden. Ohne nur einmal dienstunfähig zu werden, hat er täglich seinen Dienst getan. In der Schlacht von Wörth hat er in der vordersten Reihe gestanden, nach langen Märschen und Kämpfen bei Sedan seinem alten König zugejubelt, vor Paris zwischen Versailles und St. Cloud gegenüber der Feste des Mont Valérien auf Vorposten gefroren und gehungert, nach dem Waffenstillstand in Gien die Militärpost als ein des Französischen Kundiger geleitet. Endlich wurde er im Anfang des Monats Juni 1871 in Posen wiederum zur Reserve entlassen. Die Kriegsdenkmünze von 1870/71, der sich später die Spangen für die Schlachten zugesellten, in denen er gestanden hatte, erinnerten daran, daß er als Kämpfer für seines Vaterlandes Ehre in der ereignisvollen Zeit dieser ruhmreichen Epoche seine Pflicht erfüllt hatte.

Was sollte nun werden? Der Krieger, der ein Jahr seines Lebens dem Wohle des Ganzen geopfert hatte, stand im Zivilanzuge mittellos vor einer unsicheren Zukunft. Das gesetzliche Triennium academicum war zwar erledigt; aber die in ihm erworbenen Kenntnisse während des Kriegsjahres, das alles Denken und Tun beanspruchte, zum großen Teil verloren gegangen. Das Studium mußte von neuem begonnen werden. Die Freundschaft des Rentners KOHTE, dessen Söhne inzwischen der Schule entwachsen waren, öffnete ihm bedingungslos das alte Heim, ohne daß irgend welche Pflichten ihm zufielen. Statt sich von neuem immatrikulieren zu lassen, tat er sich mit seinem Schulfreunde und Kriegskameraden desselben Regiments, der sich in gleicher Lage befand, dem jetzigen Direktor des Andreas-Realgymnasiums,

Herrn Professor Dr. KIESEL, zu Privatstudien zusammen. So gelang es ihm, sich für die Oberlehrerprüfung genügend vorzubereiten, sie im Anfang des Jahres 1873 zu bestehen und in ihr die Lehrbefugnis in der Mathematik und Physik für alle Klassen zu erhalten. Während des Probejahres, das er sofort an der Friedrichs-Werderschen Gewerbeschule unter dem Direktor GALLENKAMP antrat, wurde er gleichzeitig als Hilfslehrer beschäftigt und schon im folgenden Jahre (1874) erhielt er an derselben Anstalt seine feste Anstellung, nachdem er vorher in Jena sich den Doktorhut erworben hatte. Zum Oberlehrer wurde er nach der damaligen Benennung 1884 befördert, zum Professor 1893 ernannt. Mit dem Beginn des Jahres 1899 übernahm er das Direktorat des Königstädtischen Realgymnasiums, dem er nach noch nicht fünfjähriger ersprießlicher Verwaltung allzu früh durch einen jähen Tod entrissen wurde.

Nach Neigung und Beanlagung war LANGE ein geborener Lehrer; unter diesem Gesichtspunkte hat man sein Leben zu betrachten. Zuerst vielleicht im Kampf um das Dasein auf diesen Lehrerberuf hingewiesen, gab er sich ihm mit ganzer Seele hin und hat in ihm seine volle Befriedigung gefunden, seine schönsten Früchte gezeitigt, reichliche Anerkennung von seinen Vorgesetzten, warmen und begeisterten Dank von seinen Schülern und ihren Eltern geerntet. Seine wissenschaftlichen Arbeiten sind in dem Bestreben entstanden, für den Unterricht immer neues Material herbeizuschaffen, das die Schüler zur freudigen Arbeit anregen sollte. Wer den im allgemeinen ruhigen Mann nur im geselligen Verkehr kennen gelernt hat, kann sich keine Vorstellung von dem Feuereifer machen, mit welchem er seines Lehramtes waltete, von der durchdachten Klarheit, mit der er strahlenden Auges jede Lehrstunde vom Beginn bis zum Schluß beherrschte, von der Reichhaltigkeit, mit der er fürsorglich alle Gebiete ausstattete. Dazu kam die persönliche, herzliche Teilnahme, die er für jeden seiner Schüler, für alle ihre kleinen und großen Leiden, für ihre jugendlichen Neigungen bewies, wohl in Erinnerung des wohltuenden Gefühls, das über seine Jugendzeit durch das freundliche Wesen seiner eigenen Lehrer ausgeströmt war. Die ernste Schule des Lebens, die er selbst durchgemacht hatte, erbitterte ihn nicht, sondern machte ihn im Gegenteil fähig, das

Leid zu verstehen, das andere zu tragen hatten. Mit mildem Ernste, dem sich wohl auch ein schalkhafter Humor paarte, und in heiterer Ruhe stand er seinen lieben Schülern wie ein Vater gegenüber. Nur gegen den Leichtsinn, der ein dargebotenes Lebensglück mutwillig verscherzt, konnte er herbe und abweisend sein.

Von seinen Druckschriften ist zuerst die Dissertation zu erwähnen, deren vollständiger Titel lautet: „Ein mechanisches Problem. Inaugural-Dissertation, der philosophischen Fakultät zu Jena zur Erlangung der Doktorwürde vorgelegt von ERNST JULIUS LANGE. Jena, 1873." Das behandelte Problem ist das folgende (S. 3): „Über die Bewegung eines Punktes, welcher gezwungen ist, in einer Ebene zu bleiben, während er von einem anderen, außerhalb der Ebene befindlichen Punkte nach dem NEWTONschen Gesetze angezogen wird." Die Lösung dieser Aufgabe bietet keine besonderen Schwierigkeiten; das Problem gehört in die Klasse derjenigen, die etwa als Themen für die Hausarbeiten der Oberlehrerprüfung gegeben werden. Die Durcharbeitung der Bewegung ist recht vollständig; die analytische Behandlung führt auf elliptische Funktionen, und LANGE hat die Umrechnung auf die JACOBIschen Normalformen zweckmäßig bewirkt. Als Beispiel für die Anwendungen der elliptischen Funktionen ist die Arbeit daher nicht ohne Wert. Sie ist ganz unbekannt geblieben; ich selbst habe sie erst jetzt nach einem mir von der Familie zur Einsicht überlassenen Exemplare kennen gelernt. Selbst dem Sammelfleiße des Herrn FELIX MÜLLER ist sie entgangen; sie fehlt in dem sonst recht vollständigen Literaturverzeichnis, das Herr MÜLLER seiner Bearbeitung von ENNEPERS elliptischen Funktionen zugefügt hat. Die Beschäftigung mit der Funktionentheorie, von der die Dissertation eine hübsche Probe gibt, hat LANGE später ganz aufgegeben. Insofern steht diese Schrift isoliert unter seinen Veröffentlichungen da.

Um sich für den verschiedenen Unterricht gründlich vorzubereiten, studierte LANGE in den ersten Jahren seiner Lehrtätigkeit vorwiegend die bezügliche geometrische und pädagogische Literatur. Der Direktor GALLENKAMP, Verfasser mehrerer ausgezeichneter Lehrbücher der Mathematik, der die gewissenhafte Gründlichkeit seines jungen Lehrers zu würdigen verstand, zog

ihn bei der Durchsicht und Korrektur der neuen Auflagen dieser an der Gewerbeschule eingeführten Bücher heran. In einem Kreise von Angehörigen des Lehrerkollegiums, der sich allwöchentlich Freitags am Nachmittage um BARENTIN, BÜCHMANN, RÜDORFF versammelte, bot sich ferner Gelegenheit, pädagogische und wissenschaftliche Fragen gründlich zu erörtern. Unter diesen Einwirkungen erwuchsen dann bald neue Arbeiten ganz anderer Richtung.

Zwei unscheinbare und doch charakteristische Veröffentlichungen sollen zuerst erwähnt werden: eine auf die Anregung von GALLENKAMP hin zusammengestellte, sehr brauchbare Tafel dreistelliger Logarithmen und trigonometrischer Zahlen, im ganzen vier kleine Notizbuchseiten umfassend, erschien bei der Plahnschen Buchhandlung und ein Taschenkalender für das 19. Jahrhundert bei Reinhold Kühn. Die ersterwähnte Tafel ist besonders beim physikalischen Unterricht sehr bequem und nützlich, weil ja die Konstanten der physikalischen Größen meist nur mit drei Stellen bekannt sind. Ich erinnere mich sehr genau der Freude, mit welcher LANGE die durch den Gebrauch seiner Tafel bewirkte Verkürzung der Zahlenrechnungen begrüßte. Zur eigenen Belehrung rechnete er sofort die von mir 1877 herausgegebenen Beispiele zu den kubischen Gleichungen durch; er wollte sich vergewissern, wie weit die mit seinen Tafeln zu erzielende Genauigkeit genügte, und teilte mir dann freudestrahlend den günstigen Erfolg mit. Der Taschenkalender war eine Frucht des propädeutischen Kursus der Physik in der Obertertia, in welchem die Elemente der beobachtenden Astronomie gelehrt wurden.

Allmählich rückte LANGE in den mathematischen und den physikalischen Unterricht der oberen Klassen der Gewerbeschule ein. Gerade die Übernahme der Lehrstunden der Physik bewog ihn zum regelmäßigen Besuche der Sitzungen unserer Gesellschaft; er wollte von allen neuen Gedanken und Tatsachen rechtzeitig Kunde erhalten, um seinen Schülern auf alle Fragen Bescheid zu geben. Der sehr reichhaltige physikalische Apparat seiner Schule wurde ihm später zur Verwaltung anvertraut, und er hat viele Arbeit auf ihn verwandt. Die Friedrichs-Werdersche Oberrealschule war wohl die erste Lehranstalt, die auf seine Veranlassung Anschluß an die Elektrizitätswerke erhielt und den Unterricht

durch den leicht erhältlichen Strom mit vielen Demonstrationen bereicherte. Als die flüssige Kohlensäure in den Handel gebracht wurde, schaffte er sofort die nötigen Hilfsapparate an und stellte eine Reihe von Versuchen mit ihr zusammen, die er planmäßig unter Assistenz seines Kollegen, des Herrn Professor FR. BOEHM, unter anderem einem Kreise von Volksschullehrern vorführte. Sein Interesse für die Sache ging dann so weit, daß er diesem seinem Freunde selbst als Assistent zur Hand ging, als derselbe die gleichen Versuche vor seinen Schülern anstellte. Indem LANGE so alle Experimente wiederholte, welche die neuesten Entdeckungen der Physik seinen Schülern erläutern sollten, erlangte er ein eigentümliches Geschick für solche Demonstrationen. Ein Schulrat, der selbst Mathematiker war, sprach ihm dafür seine freudige Anerkennung aus: „Bei Ihnen kann ich doch immer etwas Neues lernen." Gerade in unserer Physikalischen Gesellschaft, wo sich LANGE immer nur still rezeptiv verhalten hat, mußte ich diese Seite seiner Tätigkeit gebührend hervorheben. Er hat sich dabei als der würdige Nachfolger von BARENTIN erwiesen.

Reichere literarische Früchte trugen aber seine geometrischen Studien, bei denen man die Veranlassung durch den gerade erteilten Unterricht leicht erkennt. Wir nennen zunächst mehrere Aufsätze aus dem „Archiv der Mathematik und Physik": „Ein Beitrag zur Theorie der merkwürdigen Punkte im Dreieck" (1882). „Eine Gruppe planimetrischer Maxima und Minima" (1885). „Der FEUERBACHsche Satz" (1886). Leider sind diese Abhandlungen sehr knapp redigiert, so daß es einiger Anstrengung bedarf, den lehrreichen Inhalt vollständig zu erkennen. Von ähnlicher gedrängter Art der Abfassung ist die ungemein reichhaltige Programmabhandlung vom Jahre 1884: „Die Berührungskreise eines ebenen Dreiecks und deren Berührungskreise." (19 S. 4° und drei Tafeln.) In dieser Schrift wird den altbekannten merkwürdigen Punkten des Dreiecks eine große Zahl nicht minder interessanter Punkte hinzugefügt: die Schnittpunkte von je drei solchen Linien, welche die Berührungspunkte der In- und Ankreise mit den Ecken des Dreiecks, den Mitten der Seiten, den Zentren jener Kreise oder unter sich und mit dem Umkreiszentrum verbinden. Das erste Kapitel untersucht die Beziehungen der Lage, das zweite

diejenigen des Maßes. Aus dem Unterricht in der Untersekunda erwachsen, benutzt die Arbeit nur die Hilfsmittel der elementaren Geometrie, ohne selbst die Trigonometrie heranzuziehen. Unter Berücksichtigung dieser Beschränkung ist die Schrift als meisterhaft zu bezeichnen; ebenso auch die zur Veranschaulichung dienenden Figuren der drei Tafeln, die trotz der Fülle der eingetragenen Linien genau ausgefallen sind und alle Verhältnisse in voller Klarkeit wiedergeben.

Die Vertrautheit mit den mannigfaltigen Sätzen der neueren Dreiecksgeometrie, welche sich in dieser Arbeit bekundet, befähigte LANGE vortrefflich zur Berichterstattung über diesen jungen Zweig der elementaren Mathematik im Jahrbuche über die Fortschritte der Mathematik. Seit dem Jahrgange 1884 bis zu seinem Tode hat er die bezügliche Literatur bearbeitet; mit dem in seinen eigenen Arbeiten bewiesenen Scharfblick wußte er hierbei die bedeutenden Arbeiten herauszufinden und berichtete über sie sachgemäß und knapp, die minderwertigen fertigte er mit wenigen Zeilen ab.

Der Streit, der am Ende der achtziger Jahre um die Verdienste von CRELLE um die neuere Dreiecksgeometrie entbrannte, veranlaßte unseren Freund zunächst zur Veröffentlichung der Note: „Eine Legende vom BROCARDschen Winkel“ in der Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (1889). Die Vertiefung in den Gegenstand führte ihn dann zu historischen Forschungen, in denen er besonders der Entdeckung der Sätze über den FEUERBACHschen Kreis nachspürte. Die Ergebnisse dieser mühsamen Arbeit legte er in der Programmabhandlung nieder: „Geschichte des FEUERBACHschen Kreises“ (34 S. 4° und 2 Tafeln, 1894). Für die bekannten Eigenschaften dieses Kreises werden zwanzig verschiedene Beweise unter genauer Nachweisung der Quellen nach sachlicher Ordnung reproduziert, unter ihnen die beiden Beweise, die der Verfasser selbst im Archiv der Mathematik und Physik, sowie in der ersten Programmabhandlung gegeben hatte. In der Vorrede, die auch meine Beihilfe bei der Entstehung der Arbeit erwähnt, wird ein hübscher Abriß der Geschichte der merkwürdigen Punkte des Dreiecks geliefert.

Durch die Übernahme des mathematischen Unterrichts in der Prima wurde LANGE auf die an der Gewerbeschule gepflegte rein

geometrische Behandlung der Kegelschnitte hingewiesen. Die vorhandenen Lehrbücher genügten ihm nicht für die Zwecke dieses Unterrichts, und deshalb verfaßte er den Leitfaden: „Synthetische Geometrie der Kegelschnitte nebst Übungsaufgaben für die Prima höherer Lehranstalten“ (Berlin 1893), von dem 1900 eine zweite Auflage nötig geworden ist. Im unmittelbaren Anschlusse an die Elementargeometrie werden hier die Eigenschaften der Kegelschnitte in einer Vollständigkeit entwickelt, wie man sie in einem so elementar gehaltenen Büchlein kaum erwartet. Die Figuren zeigen die Meisterschaft des kundigen Lehrers, 250 Aufgaben bezeugen die eingehende Beschäftigung des Verfassers mit den für den Unterricht geeigneten Fragen.

Die geometrischen Studien, welche LANGE für alle diese Veröffentlichungen treiben mußte, drehten sich naturgemäß zum großen Teile um STEINERsche Gedanken und führten von den Werken auf die Person STEINERS, der in den zwanziger Jahren des neunzehnten Jahrhunderts Lehrer derselben Schule gewesen war, an welcher LANGE gewissermaßen als Nachfolger dieses großen Geometers wirkte. Ich darf wohl das Verdienst beanspruchen, unseren verstorbenen Freund wiederholt auf die Akten seiner Schule aufmerksam gemacht, ihn dringend aufgefordert zu haben, aus denselben authentische Nachrichten über das Leben dieses wunderbaren Berliner Mathematikers zu veröffentlichen, dessen Andenken von manchen Legenden umsponnen war. Zuerst erfaßte LANGE diese Aufgabe ohne besondere Neigung, nachher aber mit stetig wachsendem Eifer. Die an sich schon reichlich fließende Quelle hellte nicht alle dunkeln Punkte auf. Nun wurden die Aktenschränke des Magistrats von Berlin, des Provinzialschulkollegiums, des Unterrichtsministeriums durchstöbert, die Akademie der Wissenschaften um Auskunft ersucht. Privatnachrichten wurden von Schülern STEINERS eingeholt. Nach Sichtung des ganzen Materials wurde die Schrift verfaßt: „JAKOB STEINERS Lebensjahre in Berlin 1821 bis 1863. Nach seinen Personalnachrichten dargestellt von Professor Dr. JULIUS LANGE. Festschrift zur Erinnerung an das 75jährige Bestehen der Friedrichs-Werderschen Oberrealschule (ehemals Gewerbeschule).“ Berlin 1899. 70 S. 4°. Diese Arbeit, die der inzwischen zum Direktor beförderte Verfasser als Programmabhandlung derjenigen Anstalt ver-

öffentlichte, wo er selbst alle Stufen in der Hierarchie eines Lehrers vom Probekandidaten bis zum Direktor erstiegen hatte, ist natürlich in den weitesten Kreisen mit dem größten Interesse gelesen worden und hat den Namen JULIUS LANGE bei vielen geläufig gemacht, die von seinen sonstigen Veröffentlichungen keine Kenntnis haben. Ohne dem großen Genius Abbruch zu tun, mit dem er sich mehrere Jahre lang liebevoll beschäftigt hatte, zeichnet er hier den Menschen STEINER so, wie dieser sich den Mitlebenden gegenüber gezeigt hatte.

Mit dieser Veröffentlichung nahm LANGE nicht bloß Abschied von seiner alten Anstalt, dem innigen Verkehr mit dem Kreise befreundeter Kollegen, sondern auch von der ihm lieb gewordenen literarischen Tätigkeit. Mit Wehmut empfinden wir es ihm nach, wenn er später klagte, daß seine gehäuften Berufsgeschäfte ihn an der Verfolgung eigener Gedanken hinderten, daß er höchstens noch in den Ferien Muße hätte, über neue Aufgaben nachzusinnen. Er schloß damit die Periode seiner pädagogischen Ausbildung ab, während der er immer neue Wege suchte und fand, auf denen sein Drang nach fruchtbarer Verwertung seiner geistigen Schätze befriedigt wurde. Wir wollen hierbei nicht zu erwähnen vergessen, daß er neben seinem Hauptamte noch eine Reihe von Jahren hindurch Vorträge über Elementarmathematik für Volksschullehrer hielt, und daß diese, gerade wie seine Schüler von der Oberrealschule, ihrem hervorragenden Lehrer unbedingtes Vertrauen entgegenbrachten.

Als nun von den Berliner städtischen Behörden an den wissenschaftlich, pädagogisch und sittlich gleich ausgezeichneten Mann der Ruf erging, als Leiter des Königstädtischen Realgymnasiums in umfassenderer Weise als bisher dem Gemeinwohle zu dienen, mußte diese Wahl jeden befriedigen, der ihn kannte; vor allem mußte er selbst Genugtuung über die Anerkennung seiner Wirksamkeit empfinden. Gleichwohl zögerte er mit der Annahme des Rufes; denn er war vollkommen glücklich in der Stellung, die er inne hatte, und es bangte ihn vor der Übernahme der vielen neuen Pflichten, die seiner Natur nicht ganz gemäß waren. Bei der Schlichtheit und Geradheit seines Wesens kannte er die Grenzen seines Könnens. Er wußte, daß ihm Beredsamkeit und der poetische Flug der Gedanken mangelte, womit der Leiter

einer höheren Lehranstalt Lehrer wie Schüler in anfeuernder Rede hinreißen und begeistern kann. Nicht gewohnt, seine Meinung zu verbergen, sah er voraus, daß er mit widerstrebenden Elementen leicht Zusammenstöße haben könnte, deren Umgehung geschmeidigeren Naturen möglich ist. Er ahnte, daß die Unterdrückung der Aufwallungen seiner tief sittlichen Natur ihm schmerzliche Stunden bereiten würde.

Trotzdem wurde er unter dem Zureden seiner Freunde, unter denen neben SCHWALBE auch ich meine Stimme geltend machte, dazu bewogen, den ehrenvollen Ruf anzunehmen, gerade wie sein alter Freund Herr KIESEL kurz vorher an die Spitze des Andreas-Realgymnasiums getreten war. Die Zuversicht, daß ein Mann von seinen Eigenschaften in der autoritativen Stellung eines Direktors Vortreffliches leisten würde, ist denn auch durchaus bestätigt worden. Zwar wollte er anfangs zuweilen an seinem Direktorberufe verzweifeln, wenn wider Erwarten die Schwierigkeiten sich häuften. Allein allmählich gewann er Sicherheit und Freudigkeit. In strenger Ausübung aller Pflichten gab er den Lehrern und den Schülern das Muster einer sittlich hochstehenden Persönlichkeit. Mit Eifer und Hingebung leitete er das Seminar zur Ausbildung von Lehramtskandidaten, das ihm anvertraut wurde. In kurzer Zeit hatte er allseitiges Vertrauen erworben, wie in seiner früheren Stellung. Er arbeitete als Kirchenältester und Gemeindevertreter seiner Kirche und pflegte die Geselligkeit in seinem Lehrerkollegium, wobei er sich als Gleicher zu ihnen stellte. Daß er manche alten Beziehungen nicht so wie ehedem pflegen konnte, beklagte er oft, so unter anderem, daß er die Sitzungen unserer Gesellschaft nicht mehr regelmäßig besuchen konnte; allein seine alten Freunde waren beruhigt, als sie sahen, daß er sich mit Gleichmut in das neue Leben eingewöhnte, und daß seine behagliche Stimmung wiederkehrte.

Im Auftrage der städtischen Behörden unternahm er es sogar, in den Sommerferien des Jahres 1900 die Pariser Weltausstellung zu besuchen und über die den Unterricht betreffenden Abteilungen zu berichten. Bei dieser Gelegenheit suchte er die Stätten in der Nähe von Paris wieder auf, wo er dreißig Jahre vorher als deutscher Krieger sein Leben täglich gewagt hatte. Der Bericht über den Besuch der Weltausstellung, den er mit der bei ihm

üblichen Pünktlichkeit als einer der ersten an den Magistrat von Berlin absandte, dürfte das letzte größere Schriftstück sein, das er abgefaßt hat. Bald nahmen ihn seine Berufsarbeiten wieder völlig in Anspruch.

Ein schmerzhaftes Ohrenleiden, das ihn im Winter 1902/03 befiel und ihn zwang, während einiger Wochen den Unterricht zu unterbrechen, schien gegen den Sommer hin völlig beseitigt. Die Sommerfrische, die er nach alter Gewohnheit mit einem Kreise enger Freunde im Ostseebade Horst suchte, schien das Beste zu versprechen; sehnte er sich doch mit Ungeduld nach der Wiederaufnahme seiner Tätigkeit zurück. Da erfolgte bald nach Beginn des Unterrichtes der jähe Zusammenbruch am Herzschlage ohne sichtliche Ursache, und nun beklagen wir mit seiner trauernden Familie den Verlust eines Mannes, der nach menschlichem Ermessen und Empfinden noch viel Gutes hätte schaffen können. Wir sind noch immer erschüttert von dem Schlage, der plötzlich die ahnungslose Gattin und ihre Kinder am Abend des 22. August 1903 getroffen hat, der sie aus dem Heim trieb, das sie zu längerem Aufenthalt geschmückt hatten.

Nach seinem Tode ist unter anderem gesagt worden, er sei zu kurze Zeit Direktor gewesen, um bleibende Spuren seiner Tätigkeit in dieser Stellung zu hinterlassen. Gegen ein solches Urteil stellen wir das GOETHEsche Wort: „Die Stätte, die ein guter Mensch betrat, ist eingeweiht; nach hundert Jahren klingt sein Wort und seine Tat dem Enkel wieder“. So ist auch die Stätte eingeweiht, wo die reine und gute Gestalt unseres abgeschiedenen Freundes $4^1/_2$ Jahre aus- und eingegangen ist. Der schönste Lohn des Lehrers, in den Herzen der Schüler fortzuleben, ihr Denken mitzubestimmen, so lange diese Herzen schlagen, ist ihm gesichert gewesen. Nicht die äußeren Formen der Schule, die leicht abzuändern sind, zeugen von der Wirksamkeit ihres Leiters, sondern der Geist, mit dem er die an sich gleichgültigen Formen beseelt, und daß LANGE es verstanden hat, Strahlen seines Geistes auf die ihm unterstellte Schule leuchten zu lassen, dessen sind wir alle sicher, die wir mit ihm in Berührung gekommen sind.

So überschauen wir nun das früh geendigte Leben eines Mannes, mit dem wir einträchtig dreißig Jahre zusammen ge-

wandert sind, von dem wir hofften, daß er als erprobter Freund noch länger mit uns wandern sollte. Nach dem alten Sprichworte ist JULIUS LANGE seines Glückes Schmied gewesen. Durch harte Arbeit und eine entbehrungsvolle Jugend hat er sich hindurchgerungen zu einer vornehmen Persönlichkeit. Seine äußere Stellung ist allmählich eine befriedigende, eine geachtete, eine bewunderte geworden. Als Pädagoge, als Mathematiker hat er unter den Schulmännern in der ersten Reihe gestanden, ohne daß er in seiner Bescheidenheit eine solche Stellung erstrebt hätte.

Früh seiner Eltern beraubt, ist er von guten Menschen erzogen worden. Als er sich eine Häuslichkeit gründete, mußte er manche Kümmernisse erfahren. Ein erstes Kind starb ihm; seine vortreffliche Frau, die ihm noch eine Tochter gebar, wurde ihm nach langem unheilbarem Siechtum entrissen. Erst an der Seite der geliebten zweiten Frau, die ihm drei Knaben schenkte, fand er ein ruhiges und glückliches Familienleben. Sorglich als Lehrer, war er ebenso gewissenhaft als Vater und freute sich des Aufblühens seiner vier begabten Kinder. Sein sehnlichster Wunsch war die Sicherstellung der Zukunft dieser Kinder. Die Söhne, von denen der eine sein Studium des Schiffbaues eben begonnen hat, die beiden anderen dem Beginne ihrer Studien in nicht zu langer Frist entgegensehen, sind nun genötigt, ohne die leitende und freigebige Hand des Vaters den Weg sich allein zu bahnen, wie der Vater es von zartester Jugend an tun mußte. Gewiß würden wir mit dem Verblichenen gern die Freude geteilt haben, die gedeihliche Entwickelung der hoffnungsvollen Kinder zu beobachten. Der jähe Tod hat alle solche Gedanken zerstört.

Ein arbeitsvolles und erfolgreiches Leben überblicken wir; mit Erfolg gesegnet, weil unser betrauerter Freund eine schlichte und edle Natur besaß. Als einfacher und ehrlicher Charakter wußte er sich im geselligen Verkehr nicht immer sofort einzuschmeicheln; er gewann aber bei näherer Bekanntschaft immer mehr. Wenn seine zuweilen herbe Geradheit für empfindliche Naturen zunächst nichts Anziehendes besaß, so waren die Bande um so fester, die er durch die Zuverlässigkeit und die Treue seines biederen Wesens schlang, dem auch der schalkhafte Witz eine eigene Anziehungskraft verlieh. In seiner Jugend hatte er

sich ja auch im akademischen Gesangvereine mit voller Lust des Männergesanges befleißigt. Wenn wir daher alles in allem an ihm zusammenfassen, so erblicken wir in ihm einen ganzen Mann als Lehrer und Gelehrten, als leitenden Schulmann, als Staatsbürger, als Menschen im Umgange mit Menschen, besonders mit seinen Schülern und Freunden, als liebendes und sorgendes Haupt der Familie, der mit ihm die Krone genommen ist. Als solcher voller und ganzer Mann wird er in unserem Gedächtnisse weiterleben.

Die Wärmeabgabe des Radiums;
von J. Precht.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 5. Januar 1904.)

(Vergl. oben S. 84.)

Die vom Chlorradium abgegebene Wärmemenge haben die Herren CURIE u. LABORDE[1]) als „von der Ordnung" 100 Kalorien in der Stunde für das Gramm reinen Radiums angegeben. Durch Vergleich der Wärmeabgabe von Bromradium mit derjenigen einer unter gleichen äußeren Bedingungen befindlichen elektrisch geheizten Platinspirale fanden RUNGE und der Verf.[2]) 105 Kalorien in der Stunde.

Durch die Freundlichkeit des Herrn DIETERICI stand mir während der Weihnachtsferien ein von ihm zu Untersuchungen über spezifische Wärme benutztes Eiskalorimeter zur Verfügung, mit dem ich einige Bestimmungen der in Rede stehenden Größe ausgeführt habe. 34,1 mg Bromradium (durch Herrn GIESEL in Braunschweig bezogen) wurden in einem zugeschmolzenen Glasrohr in das Kalorimeter eingeführt. Nach mehrstündiger Ruhe des Apparats, also völligem Ausgleich aller nicht vom Radium herrührenden Wärmeunterschiede, wurde die aus einem an die Saugspitze des Kalorimeters gebrachten Gefäß infolge der Eisschmelzung aufgenommene Menge Quecksilber während gemessener Zeiten durch Wägung bestimmt. Das eingesogene Quecksilbergewicht, welches der durch eine mittlere Grammkalorie bewirkten Eisschmelzung entspricht, wurde nach den bisherigen Beobachtungen zu 15,44 mg angenommen. Die Wägungsresultate bedürfen einer Gangkorrektion. Da nämlich das Wasser in dem mit Eis und Wasser gefüllten Akkumulatorenglase, welches das Kalorimeter umgibt, infolge kleiner Verunreinigungen einen etwas tieferen Gefrierpunkt hatte als das Wasser im Kalorimeter, so wurde

---

[1]) P. CURIE und A. LABORDE, C. R. 136, 673, 1903.

[2]) C. RUNGE und J. PRECHT, Sitzber. Berl. Akad. 1903, S. 783.

letzterem dauernd Wärme entzogen, also Eis gebildet und daher Quecksilber aus der Saugspitze herausgetrieben. Dieser positive Gang des Kalorimeters beträgt wenige Milligramm pro Stunde. Leider war derselbe nicht ganz unveränderlich, da durch den Verschluß eines das Kalorimetergefäß umgebenden Luftmantels langsam Wasser eindrang, so daß die bessere Wärmeleitung eine allmähliche Zunahme des Ganges zur Folge hatte. Daher wurde der Gang für längere Zeit vor dem Einwerfen und nach dem Herausnehmen des Radiums bestimmt und daraus die stündliche Gangkorrektion für die mittlere Zeit der Versuchsdauer interpoliert. Sie betrug zwischen 0,8 und 4,0 mg pro Stunde.

Ich stelle die Zahlenergebnisse zusammen:

	I.	II.	III.
Versuchsdauer . . . . . Stunden	23,0	16,5	2,25
Eingesogene Hg-Menge . . . . . mg	673,6	483,0	68,7
Stündliche Gangkorrektion . . . . . „	+2,7	+3,3	+1,64
Ganzer Betrag der Korrektion . . . . . „	62,1	54,4	3,7
Der Wärmeabgabe entsprechende Hg-Menge . . . . . „	735,7	537,4	72,4
Hg-Menge pro Stunde . . . . . „	31,92	32,57	32,18
Kalorien pro Stunde	2,067	2,110	2,064

Da durch das Abnehmen des Wägegläschens von der Saugspitze Fehler von + 1 mg entstehen können, so vereinigt man die Beobachtungen am besten zu einem Mittelwert, indem man ihnen Gewichte beilegt, die der Versuchsdauer proportional sind. Dann folgt, daß 34,1 mg Bromradium in der Stunde 2,085 Kalorien abgegeben haben. Der mittlere Fehler dieses Wertes beträgt unter Berücksichtigung der Gewichte 0,022. Dieser Fehler ist größer, als nach dem Abreißfehler des Quecksilbers an der Saugspitze und den Wägungsfehlern zu erwarten wäre. Ich schließe daraus, daß geringe Schwankungen im Gange des Kalorimeters vorhanden waren, so daß dessen lineare Interpolation aus den angestellten Beobachtungen nicht völlig sichere Zahlen geliefert hat.

Für 1 g Bromradium ergibt das obige Resultat eine Wärmeentwickelung von 61,15 Kalorien pro Stunde. Aus der Formel $RaBr_2$ und dem spektroskopisch bestimmten Atomgewicht des

Radiums 258[1]) folgt daher, daß 1 g Radium in der Stunde 98,83 Kalorien abgibt. Danach würden 6,4 kg Radium dauernd die einer Pferdestärke entsprechende Wärmemenge liefern.

Nach der Übereinstimmung der bisherigen Beobachtungen ist es wahrscheinlich, daß der Wärmeabgabe des sich selbst überlassenen Radiumsalzes die Bedeutung einer physikalischen Konstanten zukommt.

[1]) C. Runge und J. Precht, Phys. ZS. 4, 285, 1903. Dem Atomgewicht 225, das Frau Curie für richtiger hält, würden 113,3 Kalorien pro Stunde pro 1 g Ra entsprechen.

Hannover, Phys. Inst. d. Techn. Hochschule, 20. Jan. 1904.

Versuche über die Ionisierung durch den Stofs positiver Ionen[1]*;*

von J. Stark.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 5. Februar 1904.)

(Vgl. oben S. 84.)

I.

§ 1. **Methode der gemischt unselbständigen Strömung.** — Daß die positiven Ionen, die wir an der Kathode des Glimmstromes Kanalstrahlen nennen, durch ihren Stoß neutrale Atome zu ionisieren vermögen, ist von mehreren Seiten[2]) festgestellt worden. Auf Grund der Annahme, daß bei der Ionisierung durch den Stoß positiver Ionen für deren Geschwindigkeit ein Schwellenwert existiert, läßt sich eine Erklärung[3]) des normalen Kathodenfalles, des positiven Spitzenstromes und eine Theorie der Selbstentladung geben.

Um die Ionisierung durch positive Ionen zu studieren, stellte ich Versuche mit folgender Methode an. Als Kathode des Glimmstromes wurde ein Messingdrahtnetz verwendet oder eine Aluminiumscheibe, in die zahlreiche 0,4 mm weite Löcher gebohrt waren. Diese Kathode war zur Erde abgeleitet, durch ihre Kanäle trat in den Raum hinter ihr ein Teil der von der Glimmschicht nach der Kathode laufenden positiven Strahlen. Dadurch wurde in dem Raume hinter der Kathode das Gas ionisiert, die Ionisation konnte mit Hilfe zweier Elektroden, einer elektromotorischen Kraft von 4 Volt und einem empfindlichen Galvanometer in willkürlichem Maße durch die Stromstärke gemessen werden. Es wurde für verschiedene Gasdrucke der Zusammenhang zwischen Ionisierung hinter der Kathode und der Geschwindigkeit der

---

[1]) Vorläufige Mitteilung.

[2]) Arnold, Wied. Ann. 61, 327, 1897; E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Wied. Ann. 62, 468, 1897; G. C. Schmidt, Ann. d. Phys. (4) 2, 622, 1903.

[3]) J. Stark, Ann. d. Phys. (4) 7, 417, 919, 1902; 8, 815, 1902.

Kanalstrahlen untersucht. Über diesen Zusammenhang lassen indes die erhaltenen Resultate nichts Sicheres behaupten. Erstens nämlich muß man die Ionisierung hinter der Kathode auf die Einheit der durch die Kanäle hinter die Kathode tretenden positiven Stromstärke beziehen; wie aber diese von der allein meßbaren gesamten Stromstärke und dem Kathodenfall abhängt, weiß man nicht. Zweitens ist die kleinste Geschwindigkeit der positiven Strahlen, die man anwenden kann, bestimmt durch den normalen Wert des Kathodenfalles, und dieser beträgt 200 bis 400 Volt.

Auch die von mir beschriebene Methode[1]), beliebig langsame Kanalstrahlen mit Hilfe des sekundären Glimmstromes herzustellen, leidet an dem Mangel, daß man die hinter die Kathode tretende Menge positiver Strahlen nicht kennt. Aus diesem Grunde seien die mit ihrer Hilfe erhaltenen Resultate nicht mitgeteilt.

Dagegen lieferte eine dritte Methode Resultate, deren Versuchsbedingungen klar waren. Um positive Ionen von kleiner Geschwindigkeit in einem Gase unmittelbar an der Oberfläche einer Elektrode zu erzeugen, kann man die Elektrode auf eine hohe Temperatur bringen, beispielsweise eine Drahtschleife durch galvanische Erhitzung. Benutzt man diese Elektrode als Anode und stellt ihr eine kalte Elektrode als Kathode gegenüber, so werden von einer elektrischen Spannungsdifferenz zwischen ihnen die negativen Ionen an der Oberfläche der Anode festgehalten, die positiven Ionen dagegen von ihr weg in das Gas hinein nach der Kathode getrieben. Vorausgesetzt, daß an der Oberfläche der kalten Kathode keine negativen Ionen frei gemacht werden, bewegen sich im Gase zwischen den Elektroden so lange nur positive Ionen, als diese nicht durch ihren Stoß neutrale Gasatome ionisieren und so negative Ionen erzeugen.

Es bezeichne V die Elektrodenspannung, i die Stromstärke. Der Eintritt der Ionisierung durch den Stoß positiver Ionen bei allmählicher Steigerung der Elektrodenspannung muß sich in einer Vergrößerung von di/dV kundgeben. Da die Stromstärke durch die neu erzeugten schnellen negativen Ionen mehr erhöht wird als durch positive Ionen, und wenn die erzeugten negativen

[1]) J. Stark, Ann. d. Phys. (4) 13, 389, 1904.

Ionen ihrerseits wieder neue Ionen durch Stoß erzeugen, so muß das Anwachsen von di/dV mit V bei Eintritt der Ionisierung durch positive Ionen besonders ausgeprägt sein. Vor Eintritt der Ionisierung ist di/dV Null oder nur wenig größer als Null, entsprechend dem Zustande totaler oder partieller Sättigung[1]); der Eintritt der Ionisierung kann sich darum durch einen Wendepunkt der V, i-Kurve ausdrücken.

Wir wollen nun annehmen, daß die positiven Ionen nur oberhalb eines bestimmten Wertes ihrer Geschwindigkeit durch ihren Stoß zu ionisieren vermögen. Im elektrischen Felde erhalten die Ionen Geschwindigkeit dadurch, daß sie Spannungsdifferenzen frei durchlaufen; die kinetische Energie eines Ions werde durch die äquivalente, frei durchlaufene Spannungsdifferenz gemessen. Der Schwellenwert der kinetischen Energie für Ionisierung heiße Ionisierungsspannung. Solange auf der freien Weglänge der positiven Ionen eine Spannungsdifferenz liegt, welche kleiner als die Ionisierungsspannung ist, hat keine Ionisierung statt. Wenn dagegen einige positive Ionen die Ionisierungsspannung frei durchlaufen, erfolgt Ionisierung durch Stoß und beschleunigtes Anwachsen von di/dV. Ist die mittlere freie Weglänge der positiven Ionen kleiner als der Elektrodenabstand, so ist bei Eintritt der Ionisierung die Elektrodenspannung notwendig größer als die Ionisierungsspannung. Man kann nun das Verhältnis von mittlerer freier Weglänge und Elektrodenabstand dem Werte Eins sich nähern lassen; dann rückt der Wendepunkt der V, i-Kurve, welcher den Eintritt der Ionisierung anzeigt, von größeren V-Werten nach kleineren. Er kann indes denjenigen Wert der Elektrodenspannung nicht unterschreiten, welcher gleich ist der Ionisierungsspannung der positiven Ionen für das betreffende Gas gegen das betreffende Kathodenmetall. Den Zusatz „gegen das betreffende Kathodenmetall“ beachte man wohl! Da nämlich für jenen Wert der Elektrodenspannung die freie Weglänge der ionisierenden positiven Ionen von der Anode bis an die Kathodenoberfläche reicht, so erfolgt die Ionisierung des Gases durch Stoß nicht im Gasinnern, sondern in der Grenzschicht des Gases an der Kathodenoberfläche.

---

[1]) J. Stark, Phys. ZS. 5, 83, 1904.

Von McCLELLAND [1]) ist für eine glühende Anode und eine kalte Kathode eine V, i-Kurve mitgeteilt worden, welche einen Wendepunkt zeigt. Von mir wurde dargelegt, daß das Auftreten dieses Wendepunktes von einer Ionisierung durch den Stoß positiver Ionen herrührt [2]). Seitdem haben O. W. RICHARDSON [3]) und H. A. WILSON [4]) ähnliche Kurven mitgeteilt, ohne indes die Frage systematisch unter dem hier gegebenen Gesichtspunkte zu behandeln. Die Aufgabe der nachstehenden Beobachtungen war, mittels der Methode der unselbständigen Strömung zwischen einer glühenden und einer kalten Elektrode die Frage nach der Existenz eines Schwellenwertes der Geschwindigkeit der ionisierenden positiven Ionen zu beantworten, indem durch Aufnahme von V, i-Kurven bei vielen verschiedenen Gasdrucken das Verhältnis von freier Weglänge der positiven Ionen zum Elektrodenabstande in einem weiten Bereiche variiert wurde. Als Anode diente ein glühender Kohlenfaden in einer 2,5 cm weiten Glaskugel; als Kathode war ihr ein 2 mm dicker Kupferstift in einem Abstande von 6 mm gegenübergestellt; als Gas diente etwas sauerstoffhaltiger Stickstoff.

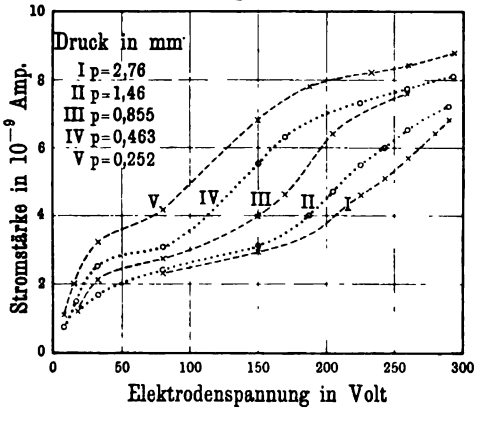
§ 2. **Störung durch negative Ionen.** — Bei der obigen Darlegung der Theorie der angewandten Methode ist vorausgesetzt, daß von der kalten Kathode her keine negativen Ionen kommen. Ist dies der Fall, so müssen wir auch eine Ionisierung durch den Stoß negativer Ionen in unseren V, i-Kurven finden. Die Ionisierungsspannung [5]) der negativen Ionen beträgt für Stickstoff nahezu 27, für Quecksilberdampf nahezu 11 Volt. Wie ich an anderer Stelle [6]) darlegte und von SCHWIENHORST [7]) weiter begründet wurde, ist für die Ionisierungsspannung der positiven Ionen ein beträchtlich größerer Wert zu erwarten; dies lehren auch die weiter unten mitgeteilten Resultate. Wenn darum bei der angewandten Methode an der Kathode negative Ionen frei werden, so müssen in den V, i-Kurven zwei Wendepunkte auf-

[1]) J. A. McCLELLAND, Proc. Cambr. Soc. 11, 296, 1901.
[2]) J. STARK, Ann. d. Phys. (4) 8, 826, 1902.
[3]) O. W. RICHARDSON, Phil. Trans. (A) 201, 497, 1903.
[4]) H. A. WILSON, Phil. Trans. (A) 202, 243, 1903.
[5]) J. STARK, Phys. ZS. 5, 51, 1904.
[6]) J. STARK, Ann. d. Phys. (4) 7, 424, 1902.
[7]) H. SCHWIENHORST, Dissert. Göttingen, 1903.

treten, einer bei einem großen Wert der Elektrodenspannung, ein zweiter bei einem kleineren Wert. Die beiden Wendepunkte müssen indes verschieden deutlich ausgeprägt sein. Bei kleinem Elektrodenabstande kann die Steigerung der Stromstärke beim Eintritt der Ionisierung durch die negativen Ionen im Maximum nur in einer Verdoppelung der Stromstärke der von der Kathode kommenden Ionen bestehen. Es erfolgt nämlich dann die Ionisierung in der Nähe der Anode; die neuen negativen Ionen durchlaufen bis zu dieser nicht mehr ihre Ionisierungsspannung frei und die neuen positiven Ionen, die nach der Kathode laufen, vermögen ebensowenig wie die von der Anodenoberfläche kommenden Ionen zu ionisieren, weil die Elektrodenspannung noch nicht den Wert der Ionisierungsspannung erreicht hat. Daß von der kalten Kathode negative Ionen kommen können, dürfen wir nicht ausschließen. Sie wird nämlich von dem Licht der Anode bestrahlt und kann unter dem Einfluß dieser Bestrahlung negative Elektronen aussenden.

Bei Hellrotglut der Anode findet man nun in der V, i-Kurve keinen deutlich ausgeprägten Wendepunkt, der auf eine Ionisierung durch negative Ionen zurückgeführt werden könnte. Bei Weißglut tritt aber in der Tat ein solcher Wendepunkt auf. Dies zeigen die Fig. 1 und 2.

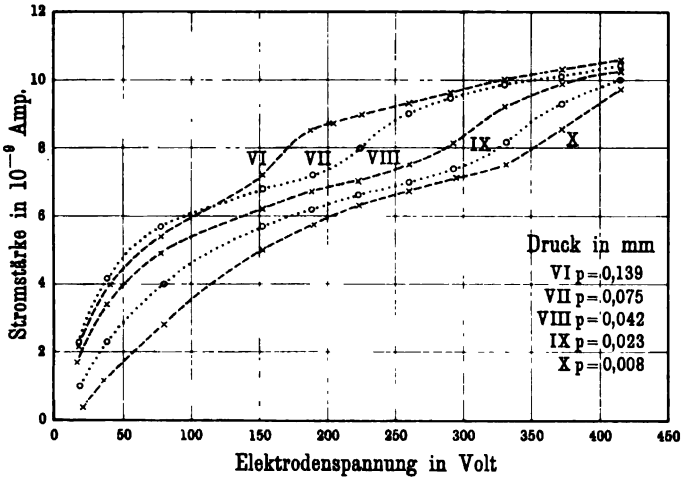
Fig. 1.



Wie man sieht, läuft dieser Wendepunkt mit sinkendem Gasdruck nach kleineren Werten der Elektrodenspannung; bei etwa 30 Volt kehrt sich aber die Bewegung wieder um. Dies ist genau das, was wir nach den Beobachtungen über die Ionisierung durch negative Ionen (Physik. ZS. 5, 51, 1904) zu erwarten haben. Wie man sieht, beträgt die durch den Wendepunkt eingeleitete Steigerung der Stromstärke nahezu den Wert der vor dem Wendepunkte vorhandenen Stromstärke.

Nachdem wir die Wirkung der negativen Ionen, welche an der kalten Kathode durch lichtelektrische Wirkung frei werden, übersehen können, braucht sie uns in der Betrachtung der Wirkung der positiven Ionen nicht mehr zu stören. Jene Wirkung ist sogar in-

Fig. 2.



sofern günstig, als sie uns an der Anode neue positive Ionen liefert, ohne das deutliche Hervortreten des Wendepunktes zu hindern, welcher den Eintritt der Ionisierung durch die positiven Ionen anzeigt. Im folgenden ist darum auf sie nicht mehr Rücksicht genommen.

§. 3. **Ionisierungsspannung der positiven Ionen in der Grenzschicht gegen ein Metall.** — Fig. 3 und die zusammengehörigen Fig. 4 und 5 (a. f. S.) zeigen für die gewählte Versuchsanordnung V, i-Kurven bei verschiedenen Gasdrucken. Ihre Betrachtung ergibt folgende Resultate.

1. Regelmäßig zeigte sich, daß für eine kleine Spannungsdifferenz zwischen dem negativen Fadenende als Anode und dem Kupferstift als Kathode die Stromstärke nicht positiv, sondern negativ ist (die Klemmspannung des Glühfadens betrug 5,8 Volt). Diese Erscheinung erklärt sich daraus, daß die Ausstrahlung negativer Elektronen durch die glühende Kohle als innere elektromotorische Kraft[1]) wirkt und entgegen einer kleinen Spannungs-

[1]) J. Stark, Ann. d. Phys. (4) 12, 691, 1903.

differenz negative Elektronionen in größerer Zahl nach der Kathode treibt, als von dem elektrischen Felde positive Ionen nach dieser gefördert werden.

Fig. 3.

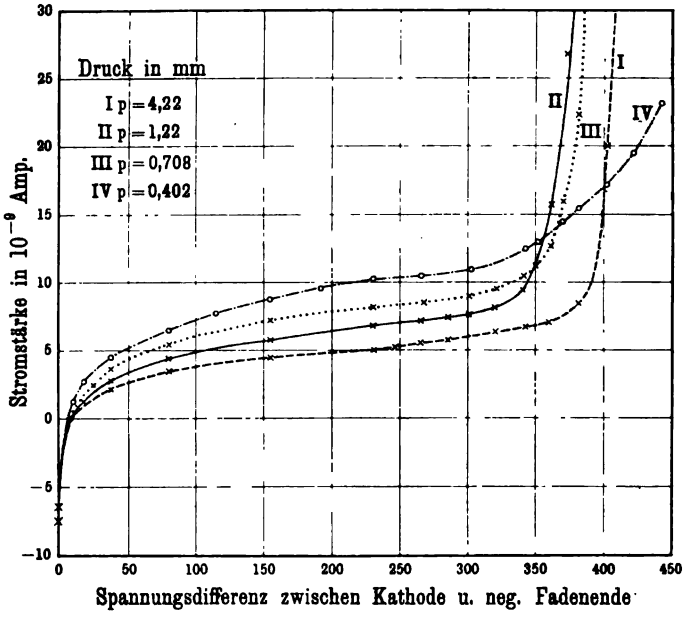


Fig. 4.

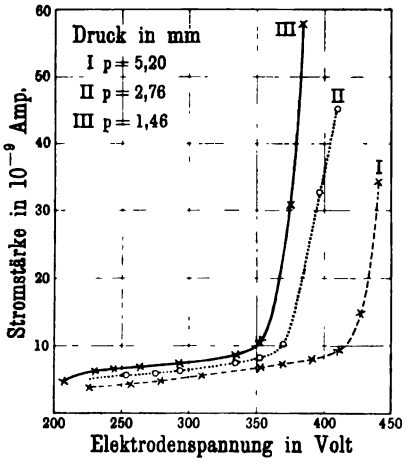
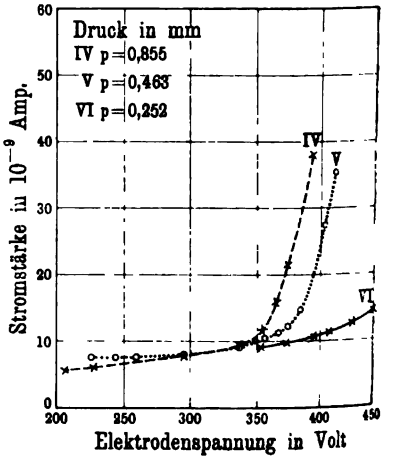


Fig. 5.



2. Von etwa 50 Volt ab zeigen die Kurven den Charakter partieller Sättigung (Physik. ZS. 5, 83, 1903), bis ein Wendepunkt eine schnelle Zunahme der Stromstärke einleitet. Dieser Wendepunkt macht den Eintritt der Ionisierung durch positive Ionen kund.

3. Der Wendepunkt rückt mit sinkendem Gasdruck nach kleineren Werten der Elektrodenspannung; sowie er aber den Wert von etwa 320 Volt erreicht hat, bleibt er auf diesem Werte bei weiter sinkendem Gasdruck stehen. Als ein Glimmstrom zwischen Kupferkathode und Kohlenanode eingeleitet und der Wert des normalen Kathodenfalles hierfür ermittelt wurde, ergab sich hierfür ebenfalls der Betrag von 320 Volt.

4. Bevor der Wendepunkt den Minimalwert von 320 Volt erreicht hat, ist der Anstieg der Stromstärke ein steilerer, als wenn nach der Erreichung der Gasdruck weiter erniedrigt wird. Bei Erreichung des Minimalwertes ist nämlich die mittlere freie Weglänge der positiven Ionen gleich dem Elektrodenabstand geworden. Je weiter dann der Gasdruck erniedrigt wird, desto mehr positive Ionen können dann an die metallische Kathodenoberfläche gelangen, ohne zuvor ein neutrales Gasatom getroffen und es ionisiert zu haben. Desto sanfter muß dann hinter dem Wendepunkt die Stromstärke ansteigen.

Zu dem Vorstehenden sei noch folgende Beobachtung gefügt. Wie die Kurven I, II und III erkennen lassen, steigt nach Überschreitung des Wendepunktes die Stromstärke sehr rasch. Für die eingezeichneten Werte war an der Kathode noch nicht negatives Glimmlicht zu beobachten. Wurde aber die Elektrodenspannung nur ein wenig erhöht, so nahm die Stromstärke unmittelbar nach Anlegung der Elektrodenspannung nicht wie sonst schnell einen konstanten Wert an, sondern stieg mit der Zeit erst langsam, dann schneller und plötzlich stellte sich dann der Glimmstrom mit wahrnehmbarem negativem Glimmlicht her und gleichzeitig war dann die Elektrodenspannung auf den Wert 320 Volt gesunken. Diese Veränderung der Stromstärke mit der Zeit rührt von einer langsamen Änderung in der Verteilung des Spannungsabfalles her infolge der zunehmenden Ionisierung durch die positiven und negativen Ionen.

Die vorstehenden Beobachtungen lassen nicht die Deutung

zu, daß die von den positiven Ionen an der Kathodenoberfläche frei gemachten negativen Ionen nicht aus dem Gase, sondern aus dem Kathodenmetall kommen. Wäre dies nämlich der Fall, so müßte der Anstieg der Stromstärke nach Überschreitung des Wendepunktes unabhängig vom Gasdruck sein; Abhängigkeit vom Gasdruck läßt sich nicht auf die negativen Ionen zurückführen, da die von der Kathode ausgehenden negativen Ionen nach Fig. 1 und 2 schon unterhalb von 300 Volt ein Maximum in der Steigerung der Stromstärke zur Folge haben.

Aus den obigen Resultaten ergeben sich nachstehende Folgerungen: Die kinetische Energie der positiven Ionen muß oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegen, wenn sie ein Gas an der Oberfläche eines Metalls durch ihren Stoß ionisieren sollen. Dieser Schwellenwert, die Ionisierungsspannung, ist gleich dem normalen Kathodenfall des Glimmstromes in dem betreffenden Gas gegen das betreffende Metall als Kathode. Die Ionisierungsspannung der positiven Ionen für das Gasinnere ist nicht kleiner als der normale Kathodenfall, also beispielsweise für Luft nicht kleiner als 340 Volt.

II.

§ 4. **Negativer und positiver Spitzenstrom.** — Eine feine Spitze sei in größerem Abstand einer Platte gegenübergestellt, beide seien in ein Gefäß eingeschlossen, die Luft in diesem soll beliebig verdünnt werden können.

Ist die Spitze Kathode, die Platte Anode, so beobachtet man folgende Lichterscheinungen. Bei hohem Gasdruck ist nur vorn an der Spitze ein schwach leuchtender Lichtpunkt wahrzunehmen, der übrige Teil der Strombahn zwischen Spitze und Platte bleibt dunkel. Bei sinkendem Gasdruck wächst die Basis des Glimmlichtes und gleichzeitig auch die Ausdehnung von der Spitze nach der Platte zu. Bei etwa 20 mm Druck lassen sich in dem Glimmlicht an der kathodischen Spitze drei Schichten unterscheiden: eine rötliche dünne Schicht unmittelbar an der Kathodenoberfläche, eine reinblaue intensitätsschwache Schicht, eine dicke, rötlichblaue Schicht (Fig. 6). Man erkennt in diesen drei Schichten leicht die drei kathodischen Schichten des Glimmstromes wieder:

erste Kathodenschicht, Kathodendunkelraum und negative Glimmschicht. Auf das Glimmlicht des negativen Spitzenstromes folgt ein dunkler Raum nach der Anode zu, der dunkle Zwischenraum des Glimmstromes, und auf diesen wieder unmittelbar vor der Anode die Anodenschicht oder noch vor dieser die positive Lichtsäule. Diese wächst um so mehr nach der Kathode zu, je mehr die Stromstärke erhöht wird. Bei höherem Gasdruck und großer Stromstärke setzt sich unmittelbar an das negative Glimmlicht ein kurzes Stück positiver Lichtsäule, zwischen ihm und der auf der Anode sitzenden Lichtsäule ist ein dunkler Zwischenraum (Fig. 7).

Fig. 6.

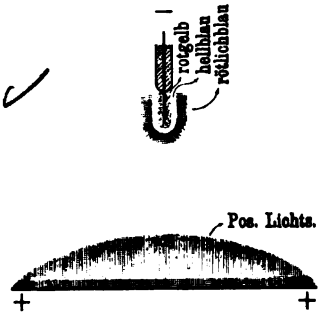
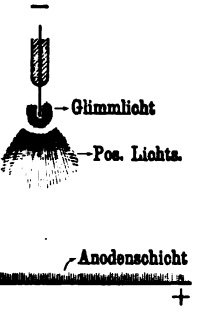


Fig. 7.



Es ist kein Zweifel, daß wir den negativen Spitzenstrom als Glimmstrom zu betrachten haben, wie ich schon in dem von mir verfaßten Buche „Die Elektrizität in Gasen“ S. 161 und 195 dargelegt habe. Er zeigt alle Teile des Glimmstromes mit den gleichen Gesetzen [1]).

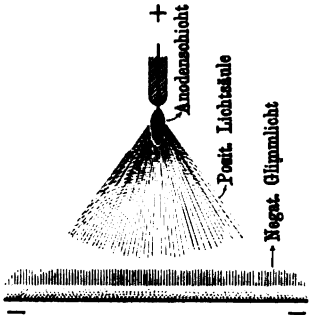
Ist die Spitze Anode, die Platte Kathode, so beobachtet man folgende Lichterscheinungen. Bei hohem Gasdruck ist vorn an der Spitze ebenfalls nur ein bläulicher Lichtpunkt wahrzunehmen. Bei sinkendem Gasdruck bedeckt sich allmählich die ganze Spitze mit einer dünnen rein blauen Schicht, deren Färbung übereinstimmt mit derjenigen des dunkeln Kathodenraumes des negativen Glimmlichtes. Mit gut ausgeruhtem Auge kann man außerdem rund um jene blaue Schicht einen rötlichgelben Schimmer schon bei etwa 20 mm Druck wahrnehmen. Bei weiterer Druckerniedrigung wächst die Dicke der rein blauen Anodenschicht und der

[1]) Vgl. E. Warburg, Berl. Ber. 1902, S. 1062.

sie umhüllende rötlichgelbe Schein wird intensiver und wird zu einer rötlichen Schicht, welche dieselbe Färbung zeigt wie die erste Kathodenschicht des Glimmstromes (Fig. 8). Die Reihenfolge der Farben oder der Schichten ist also beim positiven Spitzenstrom an der Anode die umgekehrte wie beim negativen Spitzenstrom oder Glimmstrom an der Kathode; mit der Umkehrung der Bewegungsrichtung der Ionen ist mit den negativen Ionen die blaue Schicht (Kathodendunkelraum und negative Glimmschicht) nach einwärts an die Elektrodenoberfläche getreten, die rotgelbe Schicht nach auswärts mit den positiven Ionen. Solange an der positiven Spitze die zwei Schichten sich zeigen, ist das übrige Stromgebiet zwischen der Spitze und der kathodischen Platte vollkommen dunkel.

Fig. 8.

Fig. 9.



Durch Änderung gewisser Größen läßt sich der beschriebene positive Spitzenstrom mit den zwei anodischen Schichten in eine andere Stromform, nämlich in den Glimmstrom, verwandeln. Erhöht man beispielsweise die Stromstärke, so verschwinden plötzlich die zwei anodischen Schichten, die Spitze bedeckt sich mit der für den Glimmstrom charakteristischen Anodenschicht, an diese schließt sich von der Spitze weg kegelförmig sich erweiternd, die positive Lichtsäule und auf die Plattenkathode hat sich das negative Glimmlicht des Glimmstromes mit seinen drei charakteristischen Schichten aufgesetzt (Fig. 9). Wie im nächsten Abschnitt dargelegt wird, ist mit dieser Änderung der Lichterscheinung immer eine Änderung des Spannungsabfalles und der Stromstärke

verknüpft. Die Änderung der Lichterscheinung und des Spannungsabfalles oder die Verwandlung des positiven Spitzenstromes in den Glimmstrom ist immer unstetig.

Die Verwandlung des positiven Spitzenstromes in den Glimmstrom kann bewirkt werden durch Erhöhung der Stromstärke, durch Verkleinerung des Elektrodenabstandes, durch Erniedrigung des Gasdruckes. In Luft ist der positive Spitzenstrom leichter zu erhalten als in Stickstoff, wahrscheinlich deswegen, weil für letzteres Gas der Spannungsabfall im dunkeln Zwischenraum und in der positiven Lichtsäule kleiner ist als für Luft.

Um den positiven Spitzenstrom bei einem möglichst tiefen Druck beobachten und so seine blaue und rötlichgelbe Anodenschicht entdecken zu können, muß man den Elektrodenabstand groß und die Stromstärke möglichst klein wählen. Um an einer 3 mm langen feinen Platinspitze den positiven Spitzenstrom bei 2 mm Druck und 4 cm Elektrodenabstand zu erhalten, durfte ich die Stromstärke 6 Mikroamp. nicht überschreiten lassen; hierbei arbeitete ich mit einer Hochspannungsbatterie von 1860 Volt elektromotorischer Kraft. Influenzmaschinen sind zur Herstellung des positiven Spitzenstromes bei niedrigem Druck weniger geeignet.

Um den Spitzenstrom mit den charakteristischen zwei Anodenschichten zu erhalten, genügt es nach dem Vorstehenden nicht, als Anode eine Spitze, als Kathode eine Platte zu wählen. Man hat sorgfältig darauf zu achten, ob nur an der Anode Licht auftritt; sowie auch an der Kathode ein Lichtpunkt oder eine leuchtende Schicht zu bemerken ist, hat man nicht einen positiven Spitzenstrom, sondern einen Glimmstrom. Man darf die selbstständige Strömung zwischen einer positiven Spitze und einer negativen Platte solange nicht einen positiven Spitzenstrom nennen, als man sich nicht vergewissert hat, daß sie nicht ein Glimmstrom ist.

§ 5. **Der Anodenfall des positiven Spitzenstromes.** — Nähert man der Spitze des negativen Spitzenstromes eine feine Spitze als Sonde und bestimmt den Spannungsabfall zwischen Kathode und einem ihr benachbarten Punkt im Gas, so beobachtet man folgendes. Mit sinkendem Gasdruck nimmt dieser Spannungsabfall ab; sowie er aber gleich dem normalen Kathodenfall des

Glimmstromes für das betreffende Gas und Kathodenmetall geworden ist, bleibt er unabhängig von Gasdruck und Stromstärke auf diesem stehen, solange nicht die ganze Kathodenoberfläche mit Glimmlicht bedeckt ist. Dieses Resultat hat WARBURG [1]) in einer seiner wertvollen Untersuchungen über die Spitzenentladung festgestellt und ich habe es mehrfach bestätigt. Es ist zu erwarten, da ja der negative Spitzenstrom ein Glimmstrom ist.

Bestimmt man mit Hilfe einer Sonde den Spannungsabfall zwischen der Anode des positiven Spitzenstromes und einem ihr nahen Punkt im durchströmten Gas, so findet man für ihn immer einen höheren Wert als für die negative Spitze, mit sinkendem Gasdruck sinkt er ebenfalls und springt dann plötzlich unstetig auf den viel kleineren Anodenfall des Glimmstromes um, eben bei der oben charakterisierten Verwandlung von positivem Spitzenstrom in Glimmstrom. Dieses Resultat ist ebenfalls schon von WARBURG erhalten worden, und ich konnte es in einer sehr großen Zahl von Beobachtungen bestätigen. WARBURG hat den positiven Spitzenstrom nicht unter 6 mm Druck untersucht, als Wert des Anodenfalles ergaben seine Versuchsbedingungen in Luft 530 Volt.

Nachdem ich die Bedingungen für die Herstellung des positiven Spitzenstromes bei niedrigem Druck ermittelt hatte, stellte ich systematische Messungen über seinen Anodenfall bis zu den zulässig tiefsten Drucken an. Die Fig. 10, 11 und 12 geben einen Teil der Messungen wieder. Nach ihnen sinkt der Spannungsabfall an der Anode des positiven Spitzenstromes mit abnehmendem Gasdruck. Sowie er aber in Luft den Wert 440 Volt erreicht hat, bleibt er auf diesem Werte unabhängig von Stromstärke und Gasdruck stehen; dieser Minimalwert sei der normale Anodenfall des positiven Spitzenstromes genannt. Er ist dann erreicht, wenn die Sonde in der rötlichgelben zweiten Anodenschicht sich befindet.

Die Existenz dieses Anodenfalles des positiven Spitzenstromes in Analogie zu dem in Luft an Platin 340 Volt betragenden normalen Kathodenfall des Glimmstromes (negativen Spitzenstromes) scheint mir das wichtigste Resultat der vorliegenden Untersuchung zu sein. Wie für den Glimmstrom der normale Kathodenfall

[1]) E. WARBURG, Ann. d. Phys. (4) 2, 295, 1900.

Fig. 10.

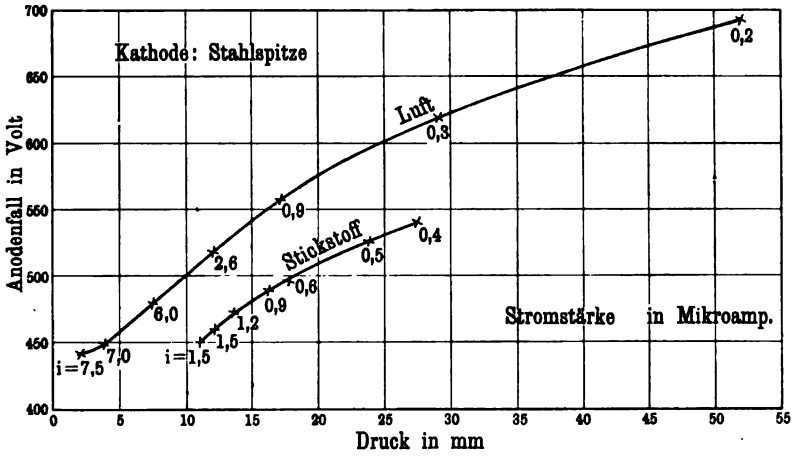


Fig. 11.

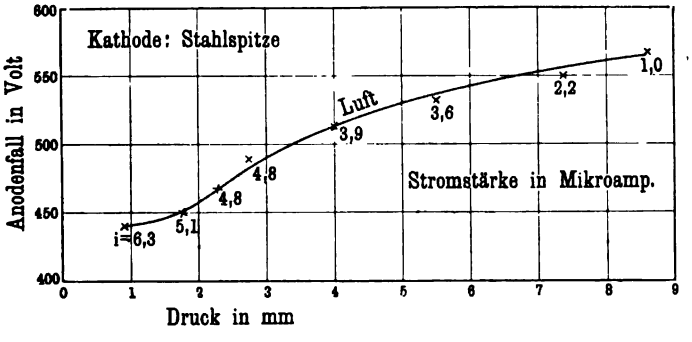
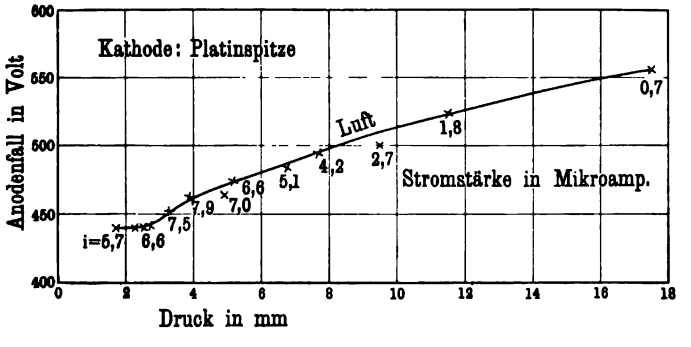


Fig. 12.



zwischen blauer negativer Glimmschicht und Kathode unabhängig vom Gasdruck ist, so ist vermutlich auch der normale Anodenfall des positiven Spitzenstromes bei allen Gasdrucken der gleiche. Warum die Messung mit der Sonde für höhere Gasdrucke einen größeren Spannungsabfall an der Anode bzw. Kathode ergibt, als der normale Anoden- bzw. Kathodenfall beträgt, erklärt sich aus der Abhängigkeit der Länge der anodischen und der kathodischen Glimmschichten von dem Gasdruck. Bei höheren Gasdrucken befindet sich die Sonde nicht mehr in der zweiten Anodenschicht bzw. in der Glimmschicht; in die Messung des Spannungsabfalles geht darum auch der Spannungsabfall von einem Stück dunkeln Zwischenraumes ein. Erniedrigung des Gasdrucks hat den Zweck, dieses Stück Zwischenraum auf Null zu reduzieren.

Wie mir spezielle Messungen ergeben haben, steigt sowohl für den positiven Spitzenstrom wie für den Glimmstrom der Spannungsabfall im dunkeln Zwischenraum mit dem Gasdruck und außerdem nimmt er zu mit wachsender Stromstärke, wie die nachstehende Tabelle zeigt. Sie bezieht sich auf den positiven bzw. negativen Spitzenstrom und gibt die Spannungsdifferenz zwischen zwei 2,5 cm voneinander entfernten Sonden im dunkeln Zwischenraum:

Positiver Spitzenstrom				Negativer Spitzenstrom	
p = 8,1 mm		p = 4,2 mm		p = 23 mm	
Stromstärke Mikroamp.	Spannungsabfall Volt	Stromstärke Mikroamp.	Spannungsabfall Volt	Stromstärke Mikroamp.	Spannungsabfall Volt
2,4	335	4,6	320	7,1	174
2,9	360	5,2	350	10,2	184
3,4	390	5,7	380	16,2	195
4,0	430	6,4	420	21,1	209
4,5	465	7,0	440	33,1	236
5,3	500	7,6	495	44,9	257
5,9	545			66,8	278
6,3	585				

Bei höherem Gasdruck stieg, wie nach dem Vorstehenden zu erwarten ist, der Spannungsabfall an der positiven Spitze etwas

mit der Stromstärke. Die Krümmung der obigen Kurven nach unten erklärt sich aus der Abnahme der Stromstärke mit steigendem Gasdruck; es war nicht möglich, alle Werte des Spannungsabfalles für die gleiche Stromstärke zu ermitteln.

§ 6. **Ionenstoßtheorie des positiven Spitzenstromes.** — In der von mir gegebenen Theorie [1]) der Ionisierung durch Ionenstoß habe ich dargelegt, daß da, wo gleichzeitig die positiven und die negativen Ionen als Ionisatoren in Konkurrenz treten, die negativen ausschließlich zur Ionisierung kommen, so in der positiven geschichteten oder ungeschichteten Lichtsäule. Die positiven Ionen können nur in solchen Querschnitten der Strömung als Ionisatoren wirken, in denen die negativen Ionen entweder eine kleine Geschwindigkeit besitzen oder in sehr geringer Zahl vorhanden sind. Der eine Fall dieser Art liegt vor an der Kathode des Glimmstromes. Unmittelbar an deren Oberfläche besitzen die negativen Ionen keine große Geschwindigkeit, da sie hier noch keine große Spannungsdifferenz frei zu durchlaufen haben. Dagegen treffen hier die von der negativen Glimmschicht kommenden positiven Ionen mit großer Geschwindigkeit ein, da sie den Kathodenfall frei durchlaufen haben. Damit sie in der Grenzschicht des Gases an der Kathodenoberfläche ionisieren können, muß der Kathodenfall mindestens gleich sein ihrer Ionisierungsspannung gegen das betreffende Kathodenmetall. Die rötlichgelbe erste Kathodenschicht verdankt ihre Ionisation und ihr Licht den positiven Ionen, die blaue negative Glimmschicht den negativen Ionen.

Der zweite Fall zweifacher Grenzionisierung liegt an der Anode des positiven Spitzenstromes vor. Dank der geometrischen Form der Elektroden ist hier der Spannungsabfall an der spitzen Anode sehr groß, die von ihr weglaufenden positiven Ionen können darum auf ihrer freien Weglänge einen Spannungsabfall gleich ihrer Ionisierungsspannung frei durchlaufen und darum in einigem Abstand vor der Anode das Gas durch ihren Stoß ionisieren. Das Leuchten und die Ionisation in der zweiten rötlichgelben Anodenschicht rührt also her von den positiven Ionen. Die in ihr neu erzeugten negativen Ionen laufen um-

[1]) J. Stark, Ann. d. Phys. (4) 7, 417, 1902; 8, 815, 1902; El. i. G. S. 56.

gekehrt nach der Anode, und da sie eine sehr große Spannungsdifferenz frei durchlaufen, können sie unmittelbar an der Anodenoberfläche durch ihren Stoß ionisieren. Die erste blaue Anodenschicht dankt ihnen Leuchten und Ionisation.

Der normale Kathodenfall des Glimmstromes ist die Ionisierungsspannung der positiven Ionen für das betreffende Gas in der Grenzschicht gegen das betreffende Kathodenmetall. Der Einfluß des Metalles auf das Gas an seiner Oberfläche und damit auf die Ionisierungsspannung kann sich in der zweifachen Grenzionisierung an der Anode nicht zeigen, da hier die Ionisierung durch die positiven Ionen im Gasinnern erfolgt. Der normale Anodenfall des positiven Spitzenstromes stellt demnach die Ionisierungsspannung der positiven Ionen für das betreffende Gas dar, unabhängig von dem Metall der Anode.

In einer Ionentheorie[1]) der elektrischen Selbstentladung habe ich dargelegt, daß das Verhältnis der Anfangsspannung V_{ap} des positiven Spitzenstromes zur Anfangsspannung V_{an} des negativen gleich ist dem Verhältnis des normalen Anodenfalles ΔV_{ma} zum normalen Kathodenfall ΔV_{mk}. Tamm[2]) fand für Luft an Platin $\frac{V_{ap}}{V_{an}} = 1{,}3$, der normale Kathodenfall ist unter diesen Umständen 340 Volt. Hieraus berechnet sich ΔV_{ma} zu 442 Volt. Oben wurde als normaler Anodenfall des positiven Spitzenstromes in Luft oder als Ionisierungsspannung der positiven Ionen für Luft 440 Volt gefunden.

[1]) J. Stark, Ann. d. Phys. (4) 7, 919, 1902.
[2]) F. Tamm, Ann. d. Phys. (4) 6, 277, 1901.

Göttingen, Ende Januar 1904.

Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme; *von Erich Marx.*

[Antwort auf die Erwiderung des Herrn STARKE.]

(Vgl. oben S. 83.)

I. Der Sättigungsstrom in der Flamme.

Die umstrittene These lautete[1]):

„Es ist die in der Flamme vorhandene positive Ionenmenge eine Funktion der Temperatur der Elektroden."

Ihr widerspricht scheinbar das ihren Verfechtern längst bekannte HITTORFsche Experiment, das Herr STARKE dagegen anführt. Warum dieses Experiment nichts dagegen beweist, das habe ich aus der großen Effektiv-Geschwindigkeit des negativen Ions in der Flamme gegenüber dem positiven, zu erweisen gesucht. Ich versuchte zu zeigen, daß in der Flamme der für die negativen Ionen, wie auch Herr STARKE richtig bemerkt, schneller als für die positiven eintretende Sättigungsstrom die Begleiterscheinung hervorruft, daß die positiven Ionen mehr und mehr aus der Stromleitung ausgeschaltet werden, indem das positive Polarisationsgebiet an der Kathode den positiven Ionenstrom staut.

Herr STARKE bemerkt dazu, daß ich übersehen hätte, daß beim Sättigungsstrom die Geschwindigkeit der Ionen gleichgültig ist. — Es ist nicht richtig, daß ich das übersehen habe. Diese Begleiterscheinung hat gar nichts mit meiner Erklärungsweise zu tun. Ich habe meine Ansicht dahin ausgesprochen, daß, bevor der Sättigungsstrom einsetzt, schon bei wenigen Volt bei gleichtemperierten Elektroden, der positive Strom aufhören muß, weil das positive Polarisationsgebiet das ganze Flammenvolumen einnimmt, daß also schon vor Eintritt des Sättigungsstromes der Strom allein von negativen Ionen getragen wird. Im Sättigungsstrom sind also, das ist meine Ansicht, nur negative Ionen vorhanden.

[1]) Vgl. Verh. d. D. Phys. Ges. 5, 442, 1903.

Diese Erklärung hat mir zu Experimenten verholfen, die so abliefen, wie nach ihr vorauszusehen war. Umgekehrt erscheint sie mir notwendig zur Erklärung von Erscheinungen, die sich zum Teil wohl auch anders, in ihrem Zusammenhang, soweit ich sehe, nicht anders erklären lassen. Einige seien angeführt:

1. Die negative unipolare Leitung dauert nur so lange an, als ein positives Polarisationsgebiet bei gleichtemperierten Elektroden existiert; sie hört auf, wenn das Polarisationsgebiet aufhört [1]).

2. Ein Wendepunkt oder besser Vorzeichenwechsel im Potentialverlauf tritt trotz der Volumdissoziation bei noch so hohen elektromotorischen Kräften nicht ein, wenn beide Elektroden auf gleicher Temperatur sind. Gewiß hat Herr STARKE recht, daß die absolute Geschwindigkeit der am Sättigungsstrom beteiligten Ionen für die Größe des Stromes nicht in Betracht kommt. Wohl aber kommt das Verhältnis der absoluten Geschwindigkeiten der Ionen für den Potentialfall in Betracht. Dieses Verhältnis ist bekanntlich (bei gleichmäßiger Volumdissoziation) gleich dem Verhältnis der Schichtdicken freier Elektrizität an den Elektroden. — Lange vor Eintritt des Sättigungsstromes [2]) wird bei gleichtemperierten Elektroden

$$\frac{u}{v} = 0.$$

3. Die Beobachtungen von SMITHELLS, WILSON und DAWSON liefern in der Nähe des Sättigungsstromes die Beziehung [3])

$$J - i = K_2 \frac{i^2}{E^2}$$

$$K_2 = CA.$$

Nimmt man an, daß in der Nähe des Sättigungsstromes die positiven Ionen wesentlich zurückgedrängt sind, dann (und wohl nur dann!) ist diese Beobachtung im Einklang mit der von MOREAU und mir erwiesenen Tatsache, daß

$$v\sqrt{A} = const \text{ ist.}$$

---

[1]) Verh. d. D. Phys. Ges. 5, 447, 1903.
[2]) Ann. d. Phys. (4) 2, 783, 1900.
[3]) Vgl. Verh. d. D. Phys. Ges. 5, 454, 1903.

4. Hält man beide Elektroden auf gleicher Temperatur, so ist der HALL-Effekt allein durch die Geschwindigkeit der negativen Ionen bestimmt. Er wächst fortgesetzt mit wachsender elektromotorischer Kraft, wenn man in die Nähe des Sättigungsstromes kommt, und zwar wächst er bei gleichtemperierten Elektroden im Sinne wachsender negativer Geschwindigkeit, so daß sich experimentell ergab

$$R = -c.v'$$

(v' soll die absolute Geschwindigkeit des negativen Ions andeuten).

Sind aber die Elektroden verschieden temperiert, liegt der Hauptpotentialfall an der Anode, wird also das Flammenvolumen negativ polarisiert, werden die negativen Ionen mehr und mehr zurückgedrängt, so wird

$$R = cu',$$

wo u' die absolute Geschwindigkeit der positiven Ionen ist. (Umkehr des HALL-Effekts)[1]).

5. Wird das positive Polarisationsgebiet durch Hineinrücken der Anode in kältere Teile der Flamme geschwächt, so daß die Abdrosselung der positiven Ionen vom Strom aufhört, so ergibt sich der Wert des HALL-Effekts, der einer Beteiligung der positiven Ionen an der Stromleitung entspricht. Es wird

$$R = c(u - v).$$

Dies sind einige Gründe; es ließen sich mehr anführen. Gewiß, Herr STARKE hat Recht, der Sättigungsstrom in der Flamme ist unabhängig von der Geschwindigkeit der Ionen. Aber diese Begleiterscheinung des Sättigungsstromes hat gar nichts mit der von mir verwendeten Erklärungsweise zu tun. Es enthält nichts Unmögliches und ist z. B. in dem RUTHERFORD-CHILDschen Experiment erfüllt, daß der Sättigungsstrom nur von einer Art Ionen getragen ist, etwa den negativen, während gleichzeitig positive Ionen an der Kathode sind. — Die Anwendung der RUTHERFORD-CHILDschen Rechnung erfordert übrigens auch gerade dieses unsymmetrische Verhalten der Ionen. Bei Flammengasen ist die Anwendung dieser Rechnung durch Komplikationen erschwert

[1]) Ann. d. Phys. (4) 2, 827, 1900.

(vgl. RUTHERFORD: „Application of Results to flames". Phil. Mag. (6) 2, 1901). Will man sie aber anwenden, so muß vor allem der ganze Potentialfall an einer Elektrode liegen und dort jäh abfallen. Dies ist annähernd erfüllt, wenn beide Elektroden im inneren Flammenkegel sind, dann ist der ganze Potentialfall an der Kathode; oder es ist erfüllt, wenn die Anode ganz außerhalb der Flamme ist, dann ist der ganze Potentialfall an der Anode. Es ist aber nicht erfüllt, wenn die Anode die Begrenzung der Flamme bildet, wenn sie die Flamme „berührt". Ich hatte gedacht, auch ohne diese ausführlichere Erklärung, wenn auch nur andeutend, so doch klar zu sein.

II. Die Kardinalfrage dieser Polemik.

Wenn Herr STARKE seine abfällige Kritik in der ersten Arbeit aufstellte, so ist das an sich durchaus verständlich gewesen und es war sofort klar zu formulieren, daß er der Anschauung war, daß, wenn i der Strom, r die Entfernung, t die Temperatur ist, nicht $i(r,t) = f(t)$, sondern $i(r,t) = f(r)$ sei.

Ich konnte, mich streng an die These haltend, daß zu beweisen sei

$$i(r,t) = f(t), \text{ nicht } f(r),$$

eine Widerlegung des abfälligen Urteils versuchen.

1. Jetzt aber sieht Herr STARKE das experimentelle Resultat, daß

$$i(r,t) = f(t)$$

ist, er bestreitet nicht die Richtigkeit des Experiments [1]) und hält seine Behauptung „gegenüber den sehr heftigen Bemerkungen des Herrn MARX voll und ganz aufrecht, daß bei der Flammenleitung die Temperatur (t) der Anode gleichgültig ist" [2]).

Herr STARKE behauptet also, $i(r,t)$ ist nicht gleich $f(t)$, trotzdem er das Experiment, welches zeigt, daß $i(r,t) = f(t)$ ist, für richtig hält. Indem er aber behauptet, $i(r,t)$ sei nicht $= f(t)$, sucht er eine Erklärung dafür, warum $i(r,t)$ doch eine Funktion von t ist [3]). Und für welche Erklärung entscheidet sich Herr STARKE? Es fände Volumdissoziation in der Flamme statt.

[1]) Verh. d. D. Phys. Ges. 6, 36, 1904.
[2]) Daselbst, S. 38, 1904.
[3]) Daselbst, S. 37, 1904.

2. Das aber habe ich nicht bestritten; im Gegenteil! Ich habe Herrn WILSON gegenüber zu erweisen gesucht, daß nicht nur Oberflächendissoziation, sondern im wesentlichen Volumdissoziation statthat [1]), und gerade da hat Herr WILSON gegen meine Auffassung polemisiert [2]).

Mir scheint, daß die Wahrheit in der Mitte liegt, zwischen WILSON und STARKE, und diesen Standpunkt habe ich ganz klar in meiner Arbeit auseinander gesetzt [1]). Sowohl Volumdissoziation (STARKE), wie Oberflächendissoziation (WILSON) ist in der Flamme vorhanden. Beide haben recht. Aber nur gleichzeitig!

3. Wie aber auch die Erklärung richtig ist, $i(r,t)$ ist darum doch $= f(t)$ und diese Tatsache, die Herr STARKE gleichzeitig leugnet und erklärt, ist mir zusammen mit der Beobachtung von mir, daß mit der Temperatur der Anode die Anzahl freier Ionen an der Kathode wächst, ein Beweis gewesen, daß eben doch auch Wahres an der WILSONschen Behauptung ist, ein Beweis, daß eben nicht allein Volumdissoziation stattfindet.

Ich habe diese Ansicht seinerzeit wörtlich so formuliert [3]): „Herr WILSON zeigte unter anderem, daß der Strom bei Vergrößerung der Entfernung der Elektroden sich nicht ändert, wenn die Temperatur der Elektroden sich nicht ändert. Vielleicht ließ sich dieses und ähnliche Experimente aus der Theorie des Sättigungsstromes allein erklären; kann doch bekanntlich bei Sättigungsstrom ceteris paribus bei Entfernung der Elektroden der Strom sogar wachsen. Die Abnahme der freien positiven Elektrizität bei Abnahme der Temperatur der Anode ist aber in der Tat nicht anders als durch die zuerst von Herrn WILSON vertretene Hypothese erklärbar."

Hieraus ist doch gewiß ersichtlich, daß die Bemerkung von Herrn STARKE: „Herr MARX scheint zu übersehen, daß es sich hier um den Sättigungsstrom handelt, was Herr WILSON wohl erkannt hat" [4]), nicht zutreffend ist.

Daß übrigens die Temperatur des Platins hier mit maßgebend ist, ist doch schon aus der ELSTER und GEITELschen Beob-

[1]) Ann. d. Phys. (4) 2, 779, 1900.
[2]) H. A. WILSON, Phil. Trans. März 1901.
[3]) E. MARX, Gött. Nachr. 1900, S. 51.
[4]) H. STARKE, Verh. d. D. Phys. Ges. 6, 36, 1904.

achtung plausibel, daß ein Platindraht, welcher auf Rotglut ist, bei Atmosphärendruck positive Elektrizität entladet, aber nicht negative, bei höherer Temperatur aber beide Elektrizitäten, positive und negative. Diese Erscheinung wird hier gewiß auch mitbestimmend sein.

Ich glaube nicht, daß ich nötig habe, weitgehender die Erwiderung des Herrn STARKE zu beantworten.

Leipzig, Physikalisches Institut der Universität.

Da Herr STARKE erklärt hat, nicht noch weiter antworten zu wollen, so ist hiermit die Diskussion über den Gegenstand geschlossen.

Die Redaktion.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

In zweiter vermehrter Ausgabe erschienen:

Tafeln über die Spannkraft des Wasserdampfes

zwischen 76 und 101,5 Grad, bezogen auf das Luftthermometer, mit einem Beiblatt, enthaltend die Korrektionen auf das Wasserstoffthermometer. Auf Grund der Ergebnisse neuer Versuche berechnet und herausgegeben von **Dr. H. F. Wiebe**, Professor an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Preis geh. ℳ 2.—.

Die Zahlen dieser Tafeln beruhen zum erstenmal auf ganz neuen, in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführten Versuchen. Die Genauigkeit der neuen Versuche ist etwa fünfmal größer als diejenige der Regnault'schen Untersuchungen, aus denen alle sonst vorhandenen Tafeln über die Spannkräfte des Wasserdampfes hergeleitet sind.

Die Einrichtung der Tafeln ist so gewählt, daß sie zu doppelten Zwecken verwendet werden können. Tafel I dient zur Benutzung bei der Berechnung des Luftdruckes aus der durch Siedethermometer beobachteten Siedetemperatur des Wassers, hat demnach besonderen Wert für geographische Höhenbestimmungen und ist zum Gebrauch für Forschungsreisende, Geographen, Meteorologen, Ingenieure und Geologen bestimmt, Tafel II findet Anwendung bei Bestimmung des Siedepunktes von Thermometern aus dem beobachteten Luftdruck und ist deshalb hauptsächlich dem Physiker, Chemiker und Techniker von Nutzen.

Nahezu sämtlichen auf der Erdoberfläche vorkommenden atmosphärischen Druckunterschieden wird Rechnung getragen.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen.

Herausgegeben von **Dr. G. Benischke.**

Erstes Heft. **Die Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik gegen atmosphärische Entladungen** von Dr. Gustav Benischke. Mit 43 eingedruckten Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 1,20 ℳ, geb. 1,60 ℳ.

Zweites Heft. **Der Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen** von Dr. Gustav Benischke. Mit 43 Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 1,20 ℳ, geb. 1,60 ℳ.

Drittes Heft. **Die Grundgesetze der Wechselstromtechnik** von Dr. Gustav Benischke. Mit 113 Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 3,60 ℳ, geb. 4,20 ℳ.

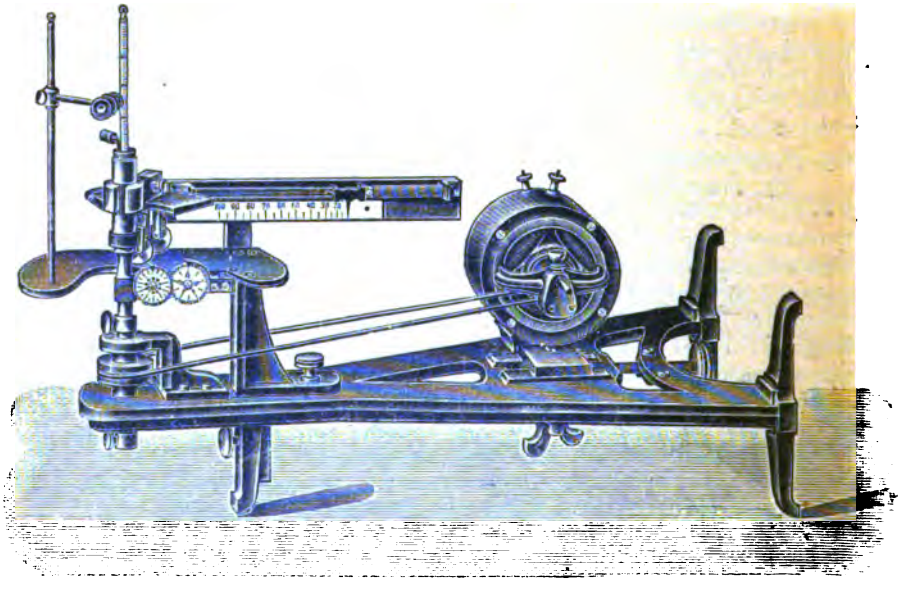
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 4*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — Reine Physik
Richard Assmann — Kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn
1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Inhalt.

Seite

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Bericht über die Sitzung vom 19. Februar 1904 127

E. Hagen und H. Rubens, Emissionsvermögen und elektrische Leitfähigkeit der Metallegierungen. (Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.) (Vorgetragen in der Sitzung vom 19. Februar 1904.) 128

W. Biegon von Czudnochowski, Antwort auf Herrn E. Raschs „Erwiderung" betr. meine Arbeit über „Flammen- oder Effektbogenlicht". (Ausführlich vorgetragen in der Sitzung vom 16. Oktober 1903.) 137

Ewald Rasch, Bemerkungen zu Notizen des Herrn von Czudnochowski über den Lichtbogen zwischen Leitern zweiter Klasse 139

2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.

I. Allgemeine Physik 45
II. Akustik 47
III. Physikalische Chemie 47
IV. Elektrizität und Magnetismus 50
V. Optik des gesamten Spektrums 53
VI. Wärme 55
VII. Kosmische Physik 56

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 29. Februar 1904. Nr. 4.

Sitzung vom 19. Februar 1904.

Vorsitzender: Herr W. v. BEZOLD.

Hr. **E. Hagen** berichtet über:
Emissionsvermögen und elektrische Leitfähigkeit der Metallegierungen
nach einer gemeinsam mit Hrn. **H. Rubens** angestellten Untersuchung.

Hr. **H. Kreusler** führt einen
Vorlesungsversuch zur Demonstration der Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe
vor.

Als Mitglieder wurden in die Gesellschaft aufgenommen:
Hr. Prof. Dr. W. HITTORF, Münster i. W.
(Vorgeschlagen durch Hrn. HEYDWEILLER.)
Hr. Dr. HERMANN FRICKE, Charlottenburg, Bismarckstr. 8.
(Vorgeschlagen durch Hrn. LUMMER.)
Hr. Prof. Dr. K. E. GUTHE, Washington, U. S. A., National-Bureau of Standards.
(Vorgeschlagen durch Hrn. STARKE.)

Emissionsvermögen und elektrische Leitfähigkeit der Metallegierungen;

von E. Hagen und H. Rubens.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

(Vorgetragen in der Sitzung vom 19. Februar 1904.)

(Vgl. oben S. 127.)

In einer kürzlich erschienenen Abhandlung[1]) haben wir den Nachweis geführt, daß zwischen der elektrischen Leitfähigkeit $\varkappa$ der Metalle[2]), ihrem Reflexionsvermögen R für lange Wellen und der Wellenlänge λ dieser Strahlung[3]) die Beziehung besteht:

$$(100 - R)\sqrt{\varkappa} = C_\lambda = \frac{K}{\sqrt{\lambda}}.$$

Hierin ist $(100 - R)$ der Eindringungskoeffizient[4]); derselbe wurde für die untersuchten Metalle in dem Spektralgebiet von $1\,\mu$ bis $14\,\mu$ aus dem Reflexionsvermögen, dagegen bei $\lambda = 25{,}5\,\mu$ aus dem Emissionsvermögen ermittelt.

Für die Größe der Konstanten K ergibt sich an den verschiedenen Stellen des langwelligen ultraroten Spektrums unter

---

[1]) Diese Verhandlungen 5, 113 und 145, 1903 und Ann. d. Phys. (4) 11, 873, 1903.

[2]) $\varkappa$ ist der reziproke Wert des Widerstandes, welchen ein Leiter aus dem betreffenden Material von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt in Ohm besitzt.

[3]) Die Wellenlänge λ wird in μ gemessen.

[4]) Unter dem „Eindringungskoeffizienten“ $(100 - R)$ verstehen wir die in die Metalle eindringende und darin absorbierte Energiemenge, wenn man die auffallende Energie gleich 100 setzt. R ist das Reflexionsvermögen in Prozenten der auffallenden Strahlungsenergie ausgedrückt.

Berücksichtigung sämtlicher Metalle nahezu der gleiche Mittelwert, nämlich

bei $\lambda = 4\ \mu$:	$C_4 = 19{,}4$	. .	$K = 38{,}8$
bei $\lambda = 8\ \mu$:	$C_8 = 13{,}0$	. .	$K = 36{,}8$
bei $\lambda = 12\ \mu$:	$C_{12} = 11{,}0$	. .	$K = 38{,}1$
bei $\lambda = 25{,}5\ \mu$:	$C_{25{,}5} = 7{,}36$	. .	$K = 37{,}2$.

Dagegen erwiesen sich die Abweichungen, welche die einzelnen Metalle bezüglich der Konstanten C_λ bzw. K bei den genannten Wellenlängen gegenüber den Mittelwerten ergaben, als erheblich verschieden. Bei $\lambda = 4\ \mu$ schwanken die Werte von K für die verschiedenen Metalle noch sehr erheblich (mittlere Abweichung 21 Proz.); bei $8\,\mu$ und $12\,\mu$ ist die Schwankung bereits bedeutend geringer und bei $\lambda = 25{,}5\ \mu$ werden sämtliche Beobachtungen — mit einer Ausnahme — durch die obige Gleichung innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler richtig wiedergegeben.

Wie aus den Arbeiten der Herren P. Drude [1]), E. Cohn [2]) und M. Planck [3]) zu ersehen ist, läßt sich das von uns experimentell gefundene Gesetz für genügend lange Wellen und hinreichend gute Leiter auch aus der elektromagnetischen Lichttheorie ableiten, wenn man den Einfluß der Moleküle vernachlässigt. Die Konstante K ergibt sich nach der Maxwellschen Theorie zu

$$2\sqrt{\frac{10^{13}}{v}}.$$

Setzt man für die Lichtgeschwindigkeit v ihren Zahlenwert 3.10^{10} cm/sec., so erhält man $K = 36{,}50$ in guter Übereinstimmung mit den angegebenen, experimentell erhaltenen Größen.

Die vorliegende Arbeit bildet eine Fortsetzung der genannten Untersuchung und hat den Zweck, eine weitere Prüfung des durch die obige Gleichung zum Ausdruck gebrachten Gesetzes zu liefern.

---

[1]) P. Drude, Physik des Äthers, S. 574, Formel 66, 1894.

[2]) E. Cohn, Das elektromagnetische Feld, S. 444, 1900.

[3]) M. Planck, Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1903, S. 278.

Es sollte eine möglichst große und mannigfache Reihe von Legierungen zur Untersuchung gelangen zur Entscheidung der Frage, ob die gefundene Beziehung auch für Legierungen allgemeine Gültigkeit besitzt. In unserer früheren Arbeit kamen hauptsächlich reine Metalle zur Anwendung. Die wenigen untersuchten Legierungen bestätigten zwar die Regel vollkommen; dennoch schien uns eine Ergänzung nach dieser Richtung hin wünschenswert.

Wir haben deshalb zu den bereits untersuchten fünf Legierungen 16 weitere hinzugefügt. Dieselben enthalten in wechselnder Gruppierung als Bestandteile die Metalle Ag, Au, Pt, Ni, Fe, Zn, Cd, Sn, Pb, Al, Mg, Bi, Cu. Die Leitfähigkeit dieser Legierungen bei der Beobachtungstemperatur variiert zwischen $\varkappa = 30$ und $\varkappa = 1$.

Besondere Aufmerksamkeit haben wir hierbei, einer freundlichen Anregung des Herrn Ch.-Éd. Guillaume von dem Bureau International des poids et mesures in Sèvres folgend, den Nickel-Stahllegierungen gewidmet. Nach seinen Messungen zeigt nämlich Nickelstahl bei verschiedenem Nickelgehalt ein sehr verschiedenes Leitvermögen. Zeichnet man mit Hilfe der von Herrn Guillaume uns zur Verfügung gestellten Resultate eine Kurve, welche das spezifische Leitvermögen $\varkappa$ der Legierungen als Funktion des Nickelgehalts darstellt, so erhält man bei etwa 30 Proz. Ni ein ausgesprochenes Minimum ($\varkappa_{min}$ = etwa 1,17), während die Kurve von hier nach beiden Seiten bis zu den Leitvermögen des reinen Stahls und des reinen Nickels stark ansteigt. Durch gütige Vermittelung des Herrn Guillaume hat uns die Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville à Imphy in liberalster Weise eine größere Zahl von Nickel-Stahllegierungen, und zwar jede einzelne Legierung, in Form von Blechen und Drähten nebst genauen Analysen zur Verfügung gestellt. Wir benutzen gern die Gelegenheit, sowohl Herrn Guillaume für seine Anregung als auch der Société de Commentry-Fourchambault für die gütige Überlassung des Materials unsern besten Dank auszusprechen.

Die Nickel-Stahllegierungen eignen sich wegen ihrer guten Politurfähigkeit und ihres geringen, mit der Zusammensetzung stark veränderlichen Leitvermögens sehr zur Prüfung des Emissionsgesetzes. Besonders wertvoll aber für den angestrebten Zweck ist die Eigenschaft einiger dieser Legierungen, in zwei durchaus verschiedenen, innerhalb weiter Temperaturgrenzen vollkommen stabilen Modifikationen zu existieren, einer magnetischen und einer unmagnetischen, deren Leitvermögen außerordentlich verschieden ist, und deren Emissionsvermögen für lange Wärmewellen bei der Transformierung folglich auch eine entsprechende Änderung erfahren muß. Das Transformieren geschieht einfach durch Abkühlen in flüssiger Luft oder durch Erwärmen auf etwa 550° C.

In der vorliegenden Arbeit wurden endlich die Eigenschaften des Wismuts, welches in festem Zustande, wie wir früher gezeigt haben, dem von uns gefundenen Gesetz als einzige Ausnahme durchaus nicht folgt[1]), nach zweierlei Richtungen hin einer weiteren Prüfung unterworfen: Erstens haben wir untersucht, ob die Änderungen des Leitvermögens, welche das feste Wismut für konstanten Strom im Magnetfelde zeigt, sich auch in einer entsprechenden Änderung des Emissionsvermögens geltend machen. Die Versuche, welche mit Feldern bis 6000 cg/sec. ausgeführt wurden, ergaben jedoch ein durchaus negatives Resultat. Ebensowenig ließ sich ein Einfluß des Magnetfeldes auf die Durchlässigkeit eines etwa 60 $\mu\mu$ dicken Bi-Spiegels für lange Wellen erkennen.

Fernerhin haben wir sowohl reines Wismut als auch einige bekannte Wismutlegierungen in geschmolzenem Zustande auf ihr Emissionsvermögen geprüft und dabei die Tatsache festgestellt, daß diese Substanzen sich im flüssigen Aggregatzustande völlig normal verhalten, d. h. der von uns gefundenen Gesetzmäßigkeit vollkommen entsprechen.

[1]) Das Emissionsvermögen des festen Wismuts ergab sich 2,54 mal so groß, als es sich unter Zugrundelegung der MAXWELLschen Theorie aus dem Leitvermögen für konstanten Strom berechnet (25,6 statt 10,09).

Die großen Vorzüge, welche die Bestimmung des Eindringungskoeffizienten $(100 - R)$ für lange Wellen aus dem Emissionsvermögen, gegenüber seiner Ermittelung aus dem Reflexionsvermögen besitzt[1]) haben uns dazu veranlaßt, in der vorliegenden Abhandlung uns auf die Beobachtung des Emissionsvermögens für die Wellenlänge $\lambda = 25{,}5\ \mu$ (Reststrahlen des Flußspats, dreimalige Reflexion an Fluoritflächen) zu beschränken. Die Versuchsanordnung war bis auf alle Einzelheiten mit der von uns beschriebenen identisch. Bei der Untersuchung der geschmolzenen Metalle wurde dasselbe Verfahren angewendet, welches uns früher zur Ermittelung des Emissionsvermögens von Quecksilber gedient hatte.

Große Sorgfalt haben wir in der vorliegenden Arbeit auf die einwandfreie Bestimmung des Leitvermögens der untersuchten Metalle und Legierungen verwandt. Da, wo uns nicht besondere Drähte oder Stäbe zur Verfügung standen, welche aus demselben Guß herrührten wie die auf ihr Emissionsvermögen untersuchte kreisförmige Scheibe von 6 cm Durchmesser, haben wir stets einen schmalen Ring von dem äußersten Rande der Scheibe abgedreht und daraus einen längeren, genau zylindrischen Draht hergestellt. Nur bei dem Magnalium war weder ein aus demselben Guß herstammender Stab vorhanden, noch konnte — wegen der schlechten Bearbeitbarkeit des Materials — an einem Teile des Spiegels selbst das Leitvermögen ermittelt werden. Die relativ große Abweichung, welche gerade diese Substanz zeigt, ist höchst wahrscheinlich dem Umstande zuzuschreiben, daß der zur Ermittelung des Leitvermögens dienende Stab 6 Proz. mehr Aluminium enthält, als der auf sein Emissionsvermögen untersuchte Spiegel[2]). Das Leitvermögen sämtlicher Metalle wurde sowohl bei Zimmertemperatur (18°) als auch bei derjenigen Temperatur be-

[1]) Vgl. diese Verhandl. 5, 118 u. 145, 1903 und Ann. d. Phys. (4) 11, 888, 1903.

[2]) Die Analyse ergab für die Zusammensetzung des Magnaliumspiegels 68 Al + 32 Mg, für die Zusammensetzung des zylindrischen Stabes, der zur Widerstandsbestimmung verwendet wurde, 74 Al + 26 Mg.

stimmt, auf welcher sich die Platte während des Emissionsversuchs befand. Diese Temperatur variierte innerhalb ziemlich weiter Grenzen.

Die folgende Tabelle (S. 134) gibt eine Zusammenstellung der sämtlichen beobachteten Größen.

Die Legierungen sind mit Ausnahme der Nickelstahle, welche eine Gruppe für sich bilden, nach abnehmender Leitfähigkeit $\varkappa_t$ geordnet. Die mit einem Sternchen (*) bezeichneten Legierungen sind nebst den zugehörigen Daten der Tabelle 4 der Ann. d. Phys. **11**, 892 entnommen. Am Anfang und Schluß der Nickelstahlreihe sind auch unsere früheren Messungen für Nickel und Stahl nochmals aufgeführt. Für Stahl wurde indes das Leitvermögen durch Abdrehen eines Ringes von der früher untersuchten Platte und Herstellung eines Drahtes in der oben beschriebenen Weise neu bestimmt, wodurch diese Zahlen eine Veränderung gegenüber den früheren aufweisen.

Die Konstanz des Produktes $(100 - R)\sqrt{\varkappa} = C_4$ ist in Anbetracht der Beobachtungsfehler bei der Emissionsmessung, welche bei besser leitenden Substanzen einige Prozente leicht betragen können, eine sehr befriedigende. Hierbei verdient die Genauigkeit, mit welcher die Nickel-Stahllegierungen unserem Emissionsgesetze folgen, besondere Beachtung. Nicht nur kommt die Änderung des Leitvermögens mit variierendem Nickelgehalt in dem beobachteten Emissionsvermögen vollkommen zum Ausdruck; auch die verschiedene Leitfähigkeit der beiden Legierungen von 24 und 29 Proz. Nickelgehalt im magnetischen und unmagnetischen Zustande hat eine entsprechende Änderung des Emissionsvermögens bei dem Transformieren zur Folge. Die Legierungen von 24 und 29 Proz. Nickelgehalt zeigten übrigens nach dem Transformieren (Abkühlung in flüssiger Luft) eine so weitgehende Änderung der Struktur und Oberflächenbeschaffenheit, daß dieselben zur weiteren Untersuchung neu poliert werden mußten. Die reversiblen Legierungen dagegen, welche dem gleichen Prozeß unterworfen wurden, erwiesen sich nach der Abkühlung auf — 190° als völlig ungeändert

Metall-Legierung	Zusammensetzung	$\varkappa_{18}$	t	$\varkappa_t$	$(100-R) = J_t$	$C_{25,5} = (100-R)\sqrt{\varkappa_t}$
800er Silber	80 Ag + 20 Cu	42,3	176°	29,6	1,34	7,30
Messing	35 Zn + 65 Cu	15,0	173	12,2	2,06	7,19
8 kar. Gold	33,3 Au + 9 Ag + 57,7 Cu	9,78	176	8,76	2,40	7,10
Rotguß*	85,6 Cu + 7,4 Zn + 6,3 Sn	7,89	170	7,05	2,70	7,16
Magnalium	68 Al + 32 Mg	4,46	174	4,05	4,29	(8,63)
Patentnickel P*	80 Cu + 20 Ni	3,81	170	3,69	4,05	7,77
Platinsilber	33⅓ Pt + 66⅔ Ag	3,24	174	3,12	4,17	7,37
Patentnickel M*	75 Cu + 25 Ni	2,94	170	2,86	4,45	7,53
Manganin*	84 Cu + 4 Ni + 12 Mn	2,38	170	2,37	4,63	7,16
Konstantan*	60 Cu + 40 Ni	2,04	170	2,04	5,20	7,43
Brandes u. Sch. Leg. 01	66 Cu + 32 Sn + 2 Ag	2,20	158	2,00	4,93	6,98
Nickelzinn	48 Ni + 52 Sn	1,72	158	1,59	5,80	7,32
Brandes u. Sch. Leg. 98 [1])	32 Cu + 34 Sn + 29 Ni + 5 Fe	1,62	165	1,55	5,78	7,20
Rose sche Leg.	2 Bi + 1 Sn + 1 Pb	—	123°	1,083	7,25	7,53
Wood sche Leg. (geschmolzen)	4 Bi + 1 Sn + 2 Pb + 1 Cd	—	135	0,995	7,43	7,42
Wismut	—	—	285	0,775	9,50	(8,35)
Stahl*	—	5,53	170°	3,53	3,66	6,91
Nickelstahl	24,1 % Ni	1,300	166	1,142	6,55	7,01
	28,7 „	1,180	166	1,066	6,77	7,00
	36,1 „	1,242	170	1,069	7,32	7,57
	46,4 „	2,097	173	1,340	6,45	7,46
	56,2 „	2,873	173	1,73	5,65	7,43
	70,3 „	3,48	173	2,21	5,05	7,51
Nickel*	—	8,50	176	5,26	3,20	7,33
Nickelstahl nach Abkühlung in flüss. Luft	24,1 % Ni	2,05	177°	1,618	5,50	7,00
	28,7 „	2,01	177	1,568	5,80	7,27

Mittelwert von $C_\lambda = 7{,}29$; $K = 7{,}29\sqrt{25{,}5} = 36{,}8$

[1]) Die früher von uns für die Brandes u. Schünemann sche Legierung angegebene Zusammensetzung hat sich als unrichtig erwiesen.

in ihrer Oberflächenbeschaffenheit und ergaben dasselbe Emissionsvermögen wie zuvor. Die in der Tabelle angegebenen Zahlen für die Leitfähigkeit der Nickel-Stahllegierungen sind nicht den Beobachtungen des Hrn. GUILLAUME entnommen, sondern mit Hilfe der gelieferten Drähte von uns neu bestimmt worden. Die Übereinstimmung unserer Widerstandsmessungen mit den auf S. 130 erwähnten des Herrn GUILLAUME ist im allgemeinen befriedigend, die Differenzen lassen sich durch kleine Verschiedenheiten in der Zusammensetzung sowie durch geringe Beimengungen fremder Substanzen in den uns übersandten Legierungen erklären.

Bei dem flüssigen Wismut war infolge der hohen Beobachtungstemperatur eine leichte Oxydation nicht zu vermeiden, obwohl die Oberfläche des flüssigen Metalls vor jeder Messung eines Galvanometerausschlags durch Abstreichen mittels eines Spatels erneuert wurde. Bereits nach wenigen Sekunden aber war die neu gebildete Oxydschicht sichtbar. In geringerem Maße tritt diese Erscheinung auch bei der geschmolzenen ROSEschen und WOODschen Legierung auf, doch gelingt es hier leichter, die Oberfläche während der Dauer eines Galvanometerausschlags merklich oxydfrei zu erhalten, wenn man bei Temperaturen arbeitet, welche nur wenig über 100° liegen. Jedenfalls ist deutlich zu erkennen, daß alle drei Substanzen unserem Gesetz folgen. Die Anomalie des Wismuts besteht also nur im festen Aggregatzustande. Ebenso haben die Herren DRUDE und NERNST [1]) gefunden, daß auch nur festes Wismut den charakteristischen Halleffekt und eine beträchtliche Widerstandsänderung im Magnetfelde zeigt. Vermutlich ist der Grund dieser Erscheinungen in der kristallinischen Struktur dieses Materials zu suchen.

Bildet man aus sämtlichen Einzelwerten von C_λ, welche für die verschiedenen Metallegierungen erhalten wurden, den Mittelwert, indem man nur die für Magnalium und flüssiges Wismut erhaltenen Zahlen aus den oben angegebenen Gründen unberücksichtigt läßt, so ergibt sich: $C_\lambda = 7{,}29$ und hieraus $K = 36{,}8$.

[1]) P. DRUDE und W. NERNST, Wied. Ann. 42, 568, 1891.

Diese Zahlen stimmen sowohl mit den früher für reine Metalle[1]) erhaltenen Werten $C_\lambda = 7{,}33$ und $K = 37{,}0$, als auch mit den aus der MAXWELL schen Theorie berechneten, $C_\lambda = 7{,}23$, $K = 36{,}5$, innerhalb der Fehlergrenzen überein. Die durchschnittliche Abweichung der einzelnen Produkte $(100 - R)\sqrt{\varkappa}$ von dem Mittelwert 7,29 beträgt hier nur 2,5 Proz., ist also kaum halb so groß wie in unserer früheren Arbeit. Der Grund dieser besseren Übereinstimmung ist wohl hauptsächlich darin zu suchen, daß bei den hier mitgeteilten Versuchen Leitvermögen und Emissionsvermögen stets an demselben Material bestimmt worden ist.

[1]) Außer den in unserer früheren Arbeit behandelten 12 reinen Metallen haben wir neuerdings auch Palladium auf sein Emissionsvermögen geprüft. Die untersuchte Platte ergab folgende Werte: $\varkappa_{18} = 5{,}82$, $\varkappa_{165} = 4{,}52$. $J_{165} = 3{,}57$, $C_\lambda = J_{165} \cdot \sqrt{\varkappa_{165}} = 7{,}59$. Die Zahlen zeigen, daß unsere Palladiumplatte nicht rein war, da das Leitvermögen des reinen Palladiums bei 18° nach Messungen der Herren JAEGER und DIESSELHORST = 9,33 ist. Auch diese Beobachtung liefert eine weitere Bestätigung für das Emissionsgesetz.

Antwort auf Herrn E. Raschs „Erwiderung" betr. meine Arbeit über „Flammen- oder Effektbogenlicht";

von W. Biegon von Czudnochowski.

(Ausführlich vorgetragen in der Sitzung vom 16. Oktober 1903.)

(Vgl. diese Verh. 5, 352, 1903.)

Herr E. RASCH bezeichnet 1. als Zweck seiner „Erwiderung" (diese Verh. 5, 276, Abs. 1) eine „sachliche Richtigstellung" meiner sich auf sein Elektrolytbogenlicht beziehenden Ausführungen in meiner Arbeit über das „Flammenbogenlicht" (diese Verh. 5, 168—169, 1903) und führt die a. a. O. — auf Grund seiner Angaben — gezogenen Schlüsse auf eine seiner Ansicht nach „unzulässige Interpretation einer Figur" zurück (l. c. 277, Abs. 3); die „Erwiderung" enthält dann 2. die Behauptung (l. c. 279, Abs. 4 ff. bis 280), ich hätte gewissermaßen seine in Rede stehende Arbeit (Elektrot. ZS. 22, 155—157, 1901) absichtlich nur bruchstückweise benutzt unter Übergehung alles desjenigen, was mit meiner Behauptung in Widerspruch steht. Eine genügende Begründung dieser Vorwürfe enthält die „Erwiderung" nicht.

Demgegenüber habe ich zu bemerken, daß ich meine sich nur auf die nach Herrn RASCHS eigenen Angaben (vgl. Elektrot. ZS. 22, 156, 1901, Spalte 1, Absatz 6 u. 8 bis 10) für eventuelle praktische Verwendung allein in Frage kommenden mittelharten Elektrolytelektroden beziehenden und auf dem Vergleich eines zwischen solchen erzeugten, mit einem normalen Wechselstromlichtbogen (diese Verhandl. 5, 168, 1903, Zeile 6 v. u.) zwischen zwei Dochtkohlen beruhenden Behauptungen voll aufrecht erhalte, da eine Widerlegung derselben in der „Ewiderung" nicht enthalten ist und die von mir mitgeteilte Figur in ihrer Beweis-

kraft durch die Verschiedenheit der Stromstärken nicht beeinträchtigt wird, da selbst bei Reduktion der Schaulinie für den Wechselstrom-Dochtkohlebogen (vergl. die Untersuchungen von HEUBACH 1892) auf die Stromstärke des Elektrolytbogens die Steilheit der Kurve des letzteren bei weitem nicht erreicht wird. Die gegenteilige Behauptung des Herrn RASCH vermag ich als richtig nicht anzuerkennen, da sie auf einem ohne Berücksichtigung von Strom und Elektrodenart angestellten Vergleiche beruht, und aus demselben Grunde ist die Stützung eben dieser Behauptung durch Herrn RASCHs Fig. 2 auf S. 278 nur eine scheinbare.

Ein näheres Eingehen auf die weiteren bezüglichen Erörterungen des Herrn RASCH an dieser Stelle verbietet sich wegen des dabei unvermeidlichen Hervortretens mehr oder weniger rein technischer Fragen und muß ich Herrn RASCH auf die einschlägige Literatur verweisen. Eine Einigung unserer Ansichten halte ich für ausgeschlossen, solange Herr RASCH seinen Schlußfolgerungen Vergleiche zugrunde legt, bei denen Betriebsart und praktische Verhältnisse nicht berücksichtigt sind.

Berlin NW, Herbst 1903.

Bemerkungen zu Notizen des Herrn von Czudnochowski über den Lichtbogen zwischen Leitern zweiter Klasse;

von Ewald Rasch.

Herr VON CZUDNOCHOWSKI hatte, wie man sich erinnert, lediglich aus der Neigung einiger nicht vergleichbarer Kurven (Lichtbogenspannung/Lichtbogenlänge) „Bedenken gegen die Verwendbarkeit des Raschlichtes“ schlechthin herausgelesen.

Dies widersprach gesicherten experimentellen Erfahrungen durchaus.

Demgegenüber habe ich[1]) — und wie es scheint mit Recht[2]) — darauf hingewiesen, daß die „Steilheit“ der verglichenen $\varphi(L)$-Kurven eine empfindliche Funktion der dort in weiten Grenzen variierten Stromstärke ist, mithin in dem benutzten Sinne ein Urteil nicht erlaubt, das die Verwendbarkeit einer neuen Methode der Lichtbogenerzeugung hinsichtlich Regulierfähigkeit und Ökonomie glattweg verneint.

Die Fragestellung ist an sich insofern großenteils unfruchtbar, als das von mir angegebene Prinzip Ausführungsformen (Vakuumlampen) enthält, die einen Reguliermechanismus landläufigen Sinnes ganz oder teilweise entbehren können.

Schließlich ist jenseitig die physikalisch selbstverständliche Tatsache unberücksichtigt geblieben, daß man der — den Leitungswiderstand der Lichtbogengase charakterisierenden — Neigungstangente dE/dL gerade in Anbetracht der großen Mannigfaltigkeit der (als Elektrodenmasse) benutzbaren Leiter zweiter Klasse in bisher unbekannt weiten Grenzen beliebige und erwünschte Werte erteilen kann.

---

[1]) Diese Verh. 5, 276, 1903.
[2]) Beibl. 28, 142, 1904.

2. Projektion von Farben dünner Blättchen im durchgehenden Licht.

An einem vertikalen kreisförmigen Drahtring wird eine Membran aus Seifenlösung erzeugt und mit Hilfe des normal einfallenden Lichts einer Bogenlampe im durchgehenden Lichte auf einen weißen Schirm projiziert. Das dünne Blättchen zeigt keine Interferenzfarben, weil die Intensität der beiden zur Interferenz gelangenden Strahlen zu verschieden ist; denn der eine Strahl ist direkt durch das Seifenhäutchen hindurchgegangen, während der andere eine zweimalige Reflexion erfahren hat. Um die Intensität beider Strahlen auf die gleiche Größenordnung zu bringen, muß man das Reflexionsvermögen der Seifenmembran vergrößern. Dies wird einfach dadurch erreicht, daß man das Licht unter einem großen Inzidenzwinkel einfallen läßt. Wenn man den Ring mit der Membran um eine senkrechte Achse dreht, so erscheinen die Farben mit wachsendem Einfallswinkel erst blaß, dann bei sehr schiefer Inzidenz schön und leuchtend, um beim Zurückdrehen des Ringes wieder zu verschwinden.

Endlich legt Hr. **O. Lummer** eine Mitteilung von E. Brodhun vor:

Zu der Mitteilung von O. Lummer:
Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen (Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit").

Als Mitglied wird in die Gesellschaft aufgenommen:
Hr. Dipl.-Ing. Dr. phil. Kock, Charlottenburg, Pestalozzistr. 19 II.
(Vorgeschlagen durch Hrn. E. Aschkinass.)

Demonstration der anomalen Dispersion in Gasen; von O. Lummer und E. Pringsheim.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 18. März 1904.)

(Vgl. oben S. 149.)

Die Methode der Versuche und die ersten Resultate sind schon anderwärts[1]) veröffentlicht worden. Der Hauptzweck der heutigen Mitteilung besteht darin, der Physikalischen Gesellschaft die schönen Erscheinungen der anomalen Dispersion in Gasen experimentell vorzuführen und die Aufmerksamkeit auf die wichtigen Anwendungen zu lenken, welche diese Erscheinungen für die Erklärung der Sonnenphänomene und anderer astrophysikalischer Beobachtungen gefunden haben. Nach einer kurzen Übersicht über die Geschichte der anomalen Dispersion in Gasen und einem allgemeinen Überblick über die SCHMIDTsche und die JULIUSsche Sonnentheorie wurde die anomale Dispersion des Na-Dampfes vorgeführt.

Das aus dem Kondensor einer elektrischen Bogenlampe austretende Licht fällt auf einen vertikalen Spalt und erzeugt mit Hilfe einer Projektionslinse und eines dahinter aufgestellten Prisma à vision directe ein ziemlich reines, schmales Spektrum auf einem weißen Schirm. Das aus dem Prisma kommende Licht geht über einen etwa 4 cm langen, 1 cm breiten Eisenlöffel quer hinweg. Auf diesen Eisenlöffel wird die Flamme eines Sauerstoff-Leuchtgasgebläses so gerichtet, daß sie in der Längsrichtung über den Löffel hinwegstreicht und nur wenig über sein Ende hinausreicht. Wird jetzt ein Stück metallisches Na in den Löffel eingeführt, so bildet sich eine sehr dichte Na-Flamme, deren hellster Teil nahe dem hinteren Ende des Löffels liegt und ein ziemlich regelmäßig geformtes, längliches Prisma mit oben liegender horizontaler, brechender Kante[2]) nach Art eines Daches bildet. Eine passende

[1]) O. LUMMER u. E. PRINGSHEIM, Phys. ZS. 4, 430—431, 1903.

[2]) Eine ähnliche Versuchsanordnung, bei welcher ein Na-Prisma mit vertikaler brechender Kante entsteht, hat Herr WINKELMANN angegeben. (Wied. Ann. 32, 439—442, 1887.)

Blende wird hinter der Flamme so angebracht, daß nur die durch dieses Prisma hindurchgegangenen Strahlen zur Wirksamkeit gelangen. Wegen der störenden Helligkeit der Na-Flamme ist es zweckmäßig, diese in ein Gehäuse einzubauen, jedoch gelang es dadurch nicht, das Nebenlicht vollständig zu beseitigen. Die Erscheinung ist sehr deutlich ausgeprägt. Die Na-Linie erscheint als breite Absorptionsbande in dem hellen Spektrum, das ihr nach Roth in angrenzende Spektralgebiet ist stark nach unten, das nach Violett zu gelegene stark nach oben verschoben und das der Absorptionslinie unmittelbar benachbarte gelbe Licht biegt scharf nach unten bzw. oben ab und läuft in protuberanzenartige, weit hinausschießende Spitzen aus. Die Erscheinung ist mehrere Sekunden lang sichtbar und verschwindet dann allmählich.

Zum Schluß wurde in subjektiver Beobachtungsmethode in der früher beschriebenen Weise mit einem Spektralapparat von großer Dispersion die anomale Dispersion an den beiden getrennt erscheinenden D-Linien und an der Calciumlinie 4586 $\mu\mu$ vorgeführt. Bei dem ersteren Versuche diente als Dampfprisma eine Knallgasflamme mit kohlensaurem Natron, bei dem letzteren der Flammenbogen einer farbigen Bogenlampe.

Außer an den in der früheren Publikation erwähnten sechs starken Linien mit Selbstumkehrung haben wir die anomale Dispersion inzwischen noch an einer großen Anzahl von weniger starken Linien in der farbigen Bogenlampe mit verschiedenen imprägnierten Kohlen beobachten können, wenn auch in erheblich schwächerem Grade als bei jenen Linien. Es sind dies:

6 Linien des Chroms,
3 „ „ Magnesiums,
8 „ „ Strontiums (außer den früher beobachteten),
2 „ „ Natriums (außer den D-Linien),
32 Linien, welche größtenteils dem Calcium angehören.

Bei den für die Sonnenphysik sehr wichtigen Eisenlinien konnten wir die anomale Dispersion nicht mit Sicherheit nachweisen, obwohl Andeutungen davon vorhanden zu sein schienen. Wir hoffen bei dem Eisen und bei anderen Elementen bessere Resultate zu erzielen mit einer im Bau begriffenen Bogenlampe, welche erlaubt, den Bogen in einer Atmosphäre von Wasserstoff und bei höheren Drucken zu brennen.

Zu der Mitteilung von O. Lummer: Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen (Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit“);

von E. Brodhun.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 18. März 1904.)

(Vgl. oben S. 150.)

Im Einverständnis mit Herrn LUMMER bemerke ich zu dessen Ausführungen über Farbenblinde:

1) zu S. 72: „obwohl eine Farbenverwechselung nur bei Pigmentfarben auftritt, während reine Spektralfarben von ihnen fast ebenso gut unterschieden werden wie von Farbentüchtigen“.

Außer Pigmentfarben und Mischungen aus Spektralfarben kann der Dichromat auch leicht reine Spektralfarben verwechseln, z. B. gelbgrün und orange, blau und violett. Daß die Empfindlichkeit des grünblinden Auges gegen Farbenunterschiede im Spektrum im langwelligen Teile von etwa 540 $\mu\mu$ an ganz erheblich geringer ist als beim Trichromaten, ist experimentell erwiesen[1]).

2) zu S. 72: „Die Farbenblinden sehen das rote bzw. das blaue Ende des Spektrums verkürzt.“

Soviel bekannt ist[2]), sehen die „Grünblinden“ weder das rote noch das blaue Ende des Spektrums verkürzt. „Rotblinde“ sehen das rote Spektrumende verkürzt. Ob es „Blaublinde“ [abgesehen von pathologisch entstandener Blaublindheit][3]) im Sinne der YOUNG-HELMHOLTZschen Farbentheorie gibt, steht noch nicht mit

[1]) A. KÖNIG, Naturw. Rundsch. 1886, S. 457. Gesammelte Abhandl. S. 105. E. BRODHUN, ZS. f. Psych. u. Physiol. 3, 97, 1895.

[2]) A. KÖNIG u. C. DIETERICI, Berl. Akademieberichte 1886, S. 805. ZS. f. Psych. u. Physiol. 4, 241, 1896. KÖNIGs gesammelte Abhandl. S. 60 u. 214. E. BRODHUN, Beiträge zur Farbenlehre. Dissertation.

[3]) A. KÖNIG, Berl. Akademieberichte 1897, S. 718. Gesammelte Abhandl. S. 396.

Sicherheit fest. Auf diese würde sich die angegebene Verkürzung des blauen Spektrumendes beziehen.

3) zu S. 75: Anmerkung.

Das Gesichtsfeld des HELMHOLTZschen Farbenmischapparates ist nicht so klein, wie Herr LUMMER annimmt. Es beträgt etwa 4^0 [1]), umfaßt also eine etwa viermal so große Fläche, als nach v. KRIES und NAGEL [2]) dem stäbchenfreien Teile der Netzhaut entspricht. Es ist daher klar, daß ich mit extrafovealen Teilen der Netzhaut einstellen mußte. Zu der Annahme, daß ich peripherisch eingestellt habe, liegt kein Grund vor.

---

[1]) A. KÖNIG, Berl. Akademieberichte 1897, S. 871. Gesammelte Abhandl. S. 416.

[2]) v. KRIES u. NAGEL, ZS. f. Psych. u. Physiol. 4, 26 u. 27, 1896.

Meiser & Mertig, Dresden-N. 6.

Werkstätten für Präzisionsmechanik.

Physikalische Apparate

jeder Art in praktischer, solider u. eleganter Ausführung.

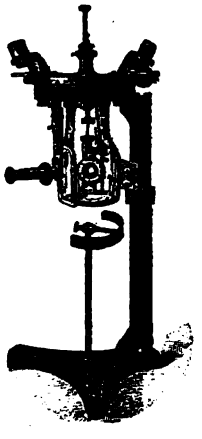
Funkeninduktoren. * Hochspannungsapparate.

Apparate für drahtlose Telegraphie.

Röntgenapparate. * Chemische Geräte.

Viele Empfehlungen und Anerkennungen.

Neue Preisliste kostenlos.



W. Apel, Universitäts-Mechaniker, Inh. Dr. M. Apel.

Geschäftsgründung 1808. **Göttingen.** Geschäftsgründung 1808.

Chemische und physikalische Apparate.

Specialität:

Rauchgasapparate, Calorimeter zur Bestimmung des **Brennwertes** der verschiedenen **Brennstoffe** und von **Gasen**, nach Ferd. Fischer.

Thermometer nach Ferd. Fischer. (Taschenbuch für Feuerungstechniker.)

Apparat zur Bestimmung d. Dielektricitätsconstanten nach Nernst. (Zeitschr. f. physik. Chemie. XIV, 4.)

Totalreflectometer nach Kohlrausch.

Demonstrationsapparate nach Behrendsen und Grimsehl.

Krystallmodelle aus Holz und Glastafeln nach Klein, Naumann und Rose.

Milchprüfungsbestecke nach Tollens.

Photometer

Spektral-Apparate

Projektions-Apparate

Glas-Photogramme

Physik. Apparate n. Prof. Grimsehl

Optisches Institut von A. Krüss

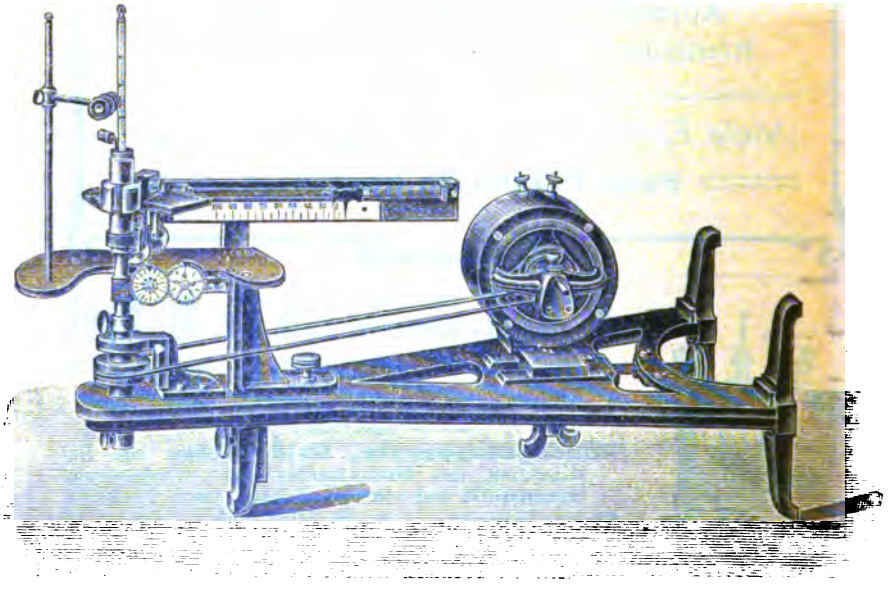
Inhaber: **Dr. Hugo Krüss.** **HAMBURG.**

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 7*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — Reine Physik

Richard Assmann — Kosmische Physik

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

(Fehlen.)

2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.

Seite

I. Allgemeine Physik 101
II. Akustik 103
III. Physikalische Chemie 103
IV. Elektrizität und Magnetismus 105
V. Optik des gesamten Spektrums 108
VI. Wärme 110
VII. Kosmische Physik 111

Ankündigung.

*Den Abonnenten der „**Fortschritte der Physik**" können wir die erfreuliche Mitteilung machen, daſs nach langen Vorbereitungen im Anschluſs an das im Jahre 1897 im Verlage von Georg Reimer in Berlin erschienene* **General-Register** *zu den „**Fortschritten der Physik**", Band XXI (1865) bis XLIII (1887), das in Anlage und Ausführung übereinstimmend mit diesem Registerbande bearbeitete*

Namen-Register nebst Sach-Ergänzungsregister zu den „Fortschritten der Physik", Band XLIV (1888) bis LIII (1897), unter Mitwirkung von Dr. E. Schwalbe bearbeitet von Dr. G. Schwalbe,

zur Ausgabe gelangt ist.

Nach einer Einleitung, welche dazu dient, den Gebrauch des Werkes zu erleichtern, wird eine Übersicht über den Umfang der Bände, sowie über die Redakteure und Referenten, welche während der Jahre 1888 bis 1897 ätig waren; gegeben. Der Hauptteil selbst zerfällt in zwei Teile: Das **Namenregister**, *in welchem sämtliche in den zehn Jahrgängen der „Fortschritte" erwähnten nicht anonymen Titel in alphabetischer Reihenfolge der Autorennamen sich vorfinden, und das* **Sach-Ergänzungsregister**, *in welchem die anonymen Titel in sachlicher Weise geordnet sind. Wie aus der Einleitung sich ergibt, ist durch umfassende Vergleiche für die Richtigkeit der einzelnen Titel nach Möglichkeit gesorgt worden. Ebenso ist dem Bedürfnis nach Vollständigkeit in weitestem Maſse Rechnung getragen.*

*Für alle, welche auf den Gebrauch der „Fortschritte" in ihren wissenschaftlichen Untersuchungen angewiesen sind, dürfte das vorliegende Register zu einem wichtigen, wenn nicht unentbehrlichen Nachschlagewerk werden. Auch für Bibliotheken, welche die „**Fortschritte der Physik**" halten, erscheint dasselbe als notwendige Ergänzung zu denselben.*

Der Preis des stattlichen Bandes beträgt M. 60.—, worauf den Mitgliedern der Deutschen Physikalischen Gesellschaft die bekannte Ermäſsigung gewährt wird.

Die Verlagsbuchhandlung Friedr. Vieweg & Sohn
in Braunschweig.

Jahrg. 2 *Heft 8*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — Reine Physik

Richard Assmann — Kosmische Physik

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Inhalt.

Seite

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Bericht über die Sitzung vom 15. April 1904 155

E. Goldstein, Über diskontinuierliche Leuchtspektra fester organischer Körper. (Vorgetragen in der Sitzung vom 15. April 1904.) 156

2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.

I. Allgemeine Physik 119
II. Akustik 122
III. Physikalische Chemie 122
IV. Elektrizität und Magnetismus 126
V. Optik des gesamten Spektrums 131
VI. Wärme 133
VII. Kosmische Physik 135

Ankündigung.

Den Abonnenten der **„Fortschritte der Physik"** *können wir die erfreuliche Mitteilung machen, daſs nach langen Vorbereitungen im Anschluſs an das im Jahre 1897 im Verlage von Georg Reimer in Berlin erschienene* **General-Register** *zu den* **„Fortschritten der Physik"**, *Band XXI (1865) bis XLIII (1887), das in Anlage und Ausführung übereinstimmend mit diesem Registerbande bearbeitete*

***Namen-Register nebst Sach-Ergänzungsregister zu den „Fortschritten der Physik"**, Band XLIV (1888) bis LIII (1897), unter Mitwirkung von Dr. E. Schwalbe bearbeitet von Dr. G. Schwalbe,*

zur Ausgabe gelangt ist.

Nach einer Einleitung, welche dazu dient, den Gebrauch des Werkes zu erleichtern, wird eine Übersicht über den Umfang der Bände, sowie über die Redakteure und Referenten, welche während der Jahre 1888 bis 1897 tätig waren, gegeben. Der Hauptteil selbst zerfällt in zwei Teile: Das **Namenregister**, *in welchem sämtliche in den zehn Jahrgängen der „Fortschritte" erwähnten nicht anonymen Titel in alphabetischer Reihenfolge der Autorennamen sich vorfinden, und das* **Sach-Ergänzungsregister**, *in welchem die anonymen Titel in sachlicher Weise geordnet sind. Wie aus der Einleitung sich ergibt, ist durch umfassende Vergleiche für die Richtigkeit der einzelnen Titel nach Möglichkeit gesorgt worden. Ebenso ist dem Bedürfnis nach Vollständigkeit in weitestem Maſse Rechnung getragen.*

Für alle, welche auf den Gebrauch der „Fortschritte" in ihren wissenschaftlichen Untersuchungen angewiesen sind, dürfte das vorliegende Register zu einem wichtigen, wenn nicht unentbehrlichen Nachschlagewerk werden. Auch für Bibliotheken, welche die **„Fortschritte der Physik"** *halten, erscheint dasselbe als notwendige Ergänzung zu denselben.*

Der Preis des stattlichen Bandes beträgt M. 60.—, worauf den Mitgliedern der Deutschen Physikalischen Gesellschaft die bekannte Ermäſsigung gewährt wird.

Die Verlagsbuchhandlung Friedr. Vieweg & Sohn
in Braunschweig.

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 30. April 1904. Nr. 7/8.

Sitzung vom 15. April 1904.

Vorsitzender: Herr E. PRINGSHEIM.

Hr. **E. Goldstein** trägt vor:

Über diskontinuierliche Leuchtspektra fester organischer Körper.

Über diskontinuierliche Leuchtspektra fester organischer Körper; von *E. Goldstein.*

(Vorgetragen in der Sitzung vom 15. April 1904.)

(Vgl. oben S. 155.)

Wie das Glas der Gefäßwand können durch Kathodenstrahlen bekanntlich auch zahlreiche andere feste Substanzen zum Leuchten gebracht werden. Ausgedehnte Versuche hierüber haben z. B. WIEDEMANN und SCHMIDT [1]) angestellt, die in mehreren Arbeiten die durch Kathodenstrahlen erregte Lichtemission zahlreicher, verschiedenen chemischen Gruppen angehöriger Präparate und Mischungen beschrieben haben. Zu den von ihnen geprüften Substanzen gehören auch eine Anzahl organischer Körper [2]). Bei der spektralen Untersuchung des Leuchtens fanden sie durchweg kontinuierliche Spektra. CROOKES [3]) beobachtete diskontinuierliche Spektra, als er seltene Erden und feste Lösungen derselben den Kathodenstrahlen aussetzte. Von mir selbst wurde seit etwa einem Jahre eine große Anzahl organischer Präparate unter den Kathodenstrahlen zunächst auf das Vorkommen von Nachfarben untersucht. Diese Arbeit führte dann auf die hier zu beschreibenden Spektralbeobachtungen. Es sei gestattet, den Gedankengang der früheren Untersuchung bis zum Einsetzen der neuen Beobachtungen hier zu skizzieren, da ihre Resultate bisher nur in einer chemischen Zeitschrift beschrieben sind [4]). — Zur Erklärung der Nachfarben bei NaCl, KBr usw. lagen Theorien vor, welche die farbigen Substanzen entweder als Subchloride oder als feste Lösungen von Alkalimetallen in unverändertem Salz auffaßten, während das Haloid gasförmig ausgetrieben sei. Dann waren Nachfarben bei Ammoniumsalzen (NH_4Cl, NH_4Br usw.) nicht zu erwarten. Sie traten aber trotzdem auf,

[1]) E. WIEDEMANN und G. C. SCHMIDT, Wied. Ann. 54, 604, 1895; 56, 18, 209, 1895.

[2]) E. WIEDEMANN und G. C. SCHMIDT, l. c. 56, 18, 1895.

[3]) W. CROOKES, Phil. Trans. 176, 691, 1885.

[4]) E. GOLDSTEIN, Ber. d. D. Chem. Ges. 36, 1976, 1903.

besonders kräftig bei niedrigen Temperaturen. Auch die organisch substituierten Ammoniumsalze (Tetramethylammoniumchlorid usw.) gaben Nachfarben, die im allgemeinen der Farbe des in ihnen gebundenen Haloids entsprachen. Bei der Temperatur der flüssigen Luft ließen sich dann auch sonst sehr flüchtige organische Substanzen, zunächst aus der Fettkörperreihe (Äthyläther, Chloroform, Aldehyd u. dgl.), in feste Substanzen ohne merkliche Dampfspannung verwandeln und den Kathodenstrahlen im Vakuum der Röntgenröhren exponieren. Es ergab sich, daß alle derartigen Substanzen, die nur aus C, H und O bestehen, in den Kathodenstrahlen farblos bleiben, daß aber Färbungen mit allen Charakteren der an den Alkalisalzen beobachteten Nachfarben (z. B. Lichtempfindlichkeit) auftreten, wenn die Haloide oder S oder P an der Verbindung teilnehmen. Daß diese elektronegativen Bestandteile die an den metallfreien organischen Körpern und an den Ammoniumsalzen beobachteten Nachfarben bedingen, wurde unzweifelhaft. Jedoch ergab sich, daß in den durch die Kathodenstrahlen veränderten dünnen Oberflächenschichten nur so geringe Mengen, z. B. von Cl oder S enthalten sein konnten, daß sie bei gewöhnlicher Beschaffenheit dieser Elemente keine merkliche Färbung veranlassen könnten. Dazu kommt, daß bei der Temperatur der flüssigen Luft Chlor und Schwefel sogar farblos werden. Die Versuche führten dann zu dem Schluß, daß durch die Kathodenstrahlen das Absorptionsvermögen der Atome sehr stark vervielfacht wird. Beim Schwefel ließ sich dies unmittelbar nachweisen. Nachdem er bei -190^{0} kreideweiß geworden, nimmt er bei derselben Temperatur in den Kathodenstrahlen sofort kräftige Chamoisfarbe an, die im Tageslicht schnell wieder ausbleicht. Bei C, H und O reicht auch die durch die Kathodenstrahlen erzeugte Vervielfachung des Absorptionsvermögens noch nicht aus, um an ihren Kombinationen, ohne den Zutritt stärker gefärbter Elemente, Nachfarben zu veranlassen.

Soweit die damalige Arbeit. — Es gibt nun eine ausgedehnte Gruppe organischer Körper, in welcher auch Kombinationen nur von C, H und O vermöge besonderer chemischer Strukturverhältnisse Substanzen erzeugen, die schon unter gewöhnlichen Verhältnissen farbig sind, also ein endliches Absorptionsvermögen besitzen. Dies ist die Gruppe der sogenannten aromatischen Körper. Neben lebhaft gefärbten Substanzen umfaßt sie auch zahlreiche ganz farb-

lose oder schwach gefärbte Verbindungen. Es fragt sich, ob bei solchen farblosen Körpern, bei denen wegen ihrer nahen chemischen Verwandtschaft mit stark gefärbten Substanzen ein stärkeres, wenn auch unmittelbar noch nicht erkennbares Absorptionsververmögen von C, H und O zu vermuten ist, dieses Absorptionsvermögen durch die Kathodenstrahlen bis zu Nachfarben gesteigert werden kann. Es ergab sich, daß dies in der Tat der Fall ist. Das bei der Bestrahlung dieser Substanzen zugleich auftretende, häufig sehr intensive Leuchten veranlaßte mich, nochmals die spektrale Untersuchung dieses Lichtes aufzunehmen, obgleich es bei den sämtlichen untersuchten Substanzen der Fettkörperreihe nur strukturlose kontinuierliche Spektra ergeben hatte (auch wenn Haloide oder S oder P den Verbindungen angehörten).

Gleich einer der ersten aromatischen Körper, die ich untersuchte, das Xanthon[1]), welches mit grünem Licht in den Kathodenstrahlen phosphoresziert, zeigte ein markiertes diskontinuierliches Spektrum. Es besteht aus fünf gleichbeschaffenen und (bei der benutzten Dispersion) nahe äquidistanten schmalen, hellen Streifen, je einer in Orange, Grün, Grünblau und zwei im Violett, von denen der äußere violette erheblich lichtschwächer ist, als die vier anderen. Jedem Streifen gehen an der Rotseite zwei, bei allen fünf Streifen gleichartig gelagerte schwache Streifen voraus. Die Wellenlängen[2]) der vier Hauptmaxima sind in der üblichen Abkürzung ausgedrückt

457 — 495 — 539 — 595.

Der Typus des Spektrums erinnert lebhaft an das Spektrum der gasförmigen Kohlenwasserstoffe in GEISSLERschen Röhren, — die

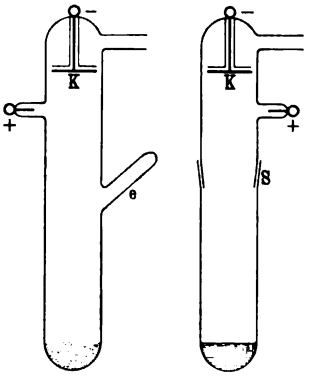
[1]) Von den für die obige Arbeit benutzten Präparaten verdanke ich eine Anzahl der Güte von Herrn Prof. RICHARD MEYER (Braunschweig) und, auf freundliche Vermittelung von Herrn Prof. G. KRAEMER, der Aktiengesellschaft für Teer- und Erdölindustrie (Erkner). Eine große Anzahl Präparate wurde von der Firma C. A. F. KAHLBAUM bezogen.

[2]) Die Messungen wurden in Ermangelung eines Präzisionsapparates mittels eines mit Wellenlängenskala versehenen Handspektroskops ausgeführt. Die oben und weiterhin gegebenen Zahlen können daher die absolute Position der Streifen nur angenähert bestimmen, sie reichen aber aus, um die Gruppierung der Maxima in einem konkreten Spektrum zu charakterisieren, und um diese Gruppierung für verschiedene Spektra zu vergleichen. Bei den nach beiden Seiten schnell abfallenden schmalen Streifen wurde die Lage der Streifenmitte, bei den nach einer Seite verwaschenen Maximis (Kannelierungen) die Lage des scharfen Randes gemessen.

Lage der einzelnen Maxima ist aber, wie die Messungen zeigen und eine direkte Kontrolle mittels Vergleichsprisma unmittelbar veranschaulicht, in den beiden Spektren durchaus verschieden. Die Intervalle der Hauptmaxima sind bei dem Xanthonspektrum erheblich größer. Die letzte Bestätigung, daß es sich in der Tat um ein diskontinuierliches Spektrum eines festen Körpers handelt, brachte schließlich die Beobachtung, daß nach Unterbrechung der Entladung auch das Spektrum des Nachleuchtens der Substanz diskontinuierlich ist, besonders hell und deutlich nach Entfernung der flüssigen Luft, wenn bei wieder ansteigender Temperatur die aufgenommene Strahlungsenergie in kurzer Zeit, also mit gesteigerter Intensität, als Leuchten wieder ausgegeben wird.

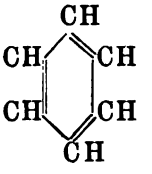
Zahlreiche andere Körper der aromatischen Gruppe wurden dann untersucht. — Die Versuchsröhren hatten wie auch bei den in den Chem. Ber. beschriebenen Versuchen die Form der Fig. 1. In dem unteren Teil des etwa 18 mm weiten Rohres, der in ein DEWARsches Gefäß mit flüssiger Luft taucht, wird die zu untersuchende Substanz von den Strahlen der an der Rückseite gedeckten Kathodenscheibe *K* getroffen; *e* ist das Einschüttrohr. Für flüssige Substanzen wurde eine Röhrenform wie Fig. 2 benutzt, wobei der untere, etwa 20 bis 22 mm weite Teil mit dem oberen durch einen Schliff *S* zusammenhing. Bei festen Präparaten wurde für jeden Versuch eine neue Röhre Fig. 1 (im Laboratorium selbst gefertigt) benutzt. Bei der Schliffröhre wurde nach jeder Benutzung der untere Teil abgenommen, so lange die gefrorene Substanz noch keine erkennbare Dampfspannung hatte, und nach sorgfältiger Reinigung wieder verwendet.

Fig. 1. Fig. 2.

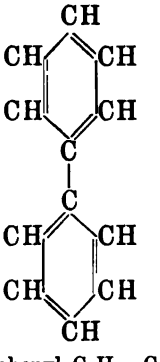


Die fortgesetzte Untersuchung ergab, daß durchaus nicht alle Körper der aromatischen Reihe während der Bestrahlung ein diskontinuierliches Spektrum zeigen. In Kurzem aber ließ sich nach dieser Richtung eine Regelmäßigkeit bemerken, die bei der Unzahl überhaupt existirender aromatischer Körper weiterhin von heuristischem Werte wurde.

Bekanntlich leiten die aromatischen Verbindungen sich sämtlich von dem sogenannten Benzolring C_6H_6 ab. An diesem

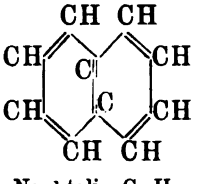


Ring können sehr mannigfaltige Substitutionen erfolgen, indem an Stelle eines oder mehrerer H-Atome z. B. ein Haloid oder Hydroxyl oder die Karboxyl- oder die Amidogruppe usw. eingeführt wird. So entstehen zahlreiche wohlbekannte Körper wie die Chlorbenzole, das Phenol, die Benzoesäure, das Anilin und deren Homologen. Man kann aber zur Substitution am Benzolring auch einen zweiten solchen Ring benutzen, und Körper wie



Diphenyl $C_6H_5—C_6H_5$

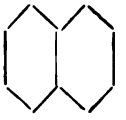
oder



Naphtalin $C_{10}H_8$

bilden. Durch Substitution können wieder aus diesen Verbindungen die mannigfaltigsten Substanzen gebildet werden. Analog können Körper entstehen, deren Konstitution durch drei oder noch mehr Ringe auszudrücken ist. Es zeigte sich nun, daß bei den Substanzen mit zwei oder mehr Ringen die Disposition, während der Bestrahlung diskontinuierliche Spektra zu liefern, viel stärker zu sein scheint, als in der Gruppe mit nur einem Ringe. Dabei brauchen aber die miteinander verketteten Ringe nicht sämtlich Benzolringe zu sein, sondern es dürfen mit einem Benzolring auch Ringe verknüpft sein, welche an Stelle eines oder mehrerer

Kohlenstoffatome andere Elemente enthalten (Heterozyklische Substanzen). Eine Substanz mit doppeltem Benzolring, welche intensives Phosphoreszenzlicht mit schönem diskontinuierlichem Spektrum zeigt, ist z. B. das schon oben erwähnte Naphtalin [1]).



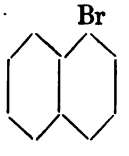
Sein Spektrum besteht aus acht schmalen, hellen Streifen von Rot bis Grün, die Hauptmaxima sind der äußerste grüne Streifen, dessen nach Violett gekehrter Rand die Wellenlänge 539 hat, und ein goldgelber Streifen (λ 589). Auf das grüne Hauptmaximum 539 folgt ein weniger heller grüner Streifen (λ 555), auf diesen ein äußerst feiner (λ 560), dann ein grüngelber (λ 573). Hinter dem goldgelben Streifen folgen noch in abnehmender Breite und Helligkeit drei rote Streifen λ 615, 630 und 648. Von λ 539 folgt nach der brechbareren Seite nur ein äußerst lichtschwacher kontinuierlicher Grund, der im Violett noch eine breite matte Bande enthält. — In Fig. 3 habe ich versucht, das Achtstreifen-Spektrum darzustellen. —

Fig. 3.

Die Frage erhebt sich, wieweit ein solches Spektrum für eine bestimmte Verbindung wirklich charakteristisch ist, d. h. ob es für große analog konstituierte Gruppen identisch bleibt, oder ob es bei jeder chemischen Veränderung eines Körpers sich ebenfalls ändert.

Es zeigt sich, daß das letztere der Fall ist. Einige Beispiele mögen erwähnt werden.

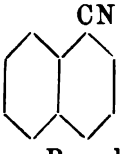
Wird im Naphtalin ein H-Atom durch Br ersetzt, also ein Bromnaphtalin



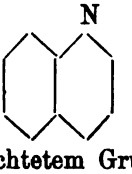
[1]) Bei den weiterhin benutzten Ringsymbolen ist an jeder freien Ecke der Ringe die Gruppe CH, an jeder gemeinsamen Ecke nur C zu denken. Ein besonderes chemisches Zeichen ist nur da eingesetzt, wo durch Substitutionen Abweichungen hiervon eintreten. Alle Bindungen im Ringe sind nur einfach gezeichnet.

gebildet, so zeigt das Naphtalinspektrum sich schon erheblich geändert. Das Hauptmaximum liegt wie bei Naphtalin im Grün. Während aber das Naphtalinmaximum ein schmaler Streifen ist, der in nur eben erkennbarer Weise an der Rotseite etwas weniger schroff abfällt als nach Violett hin, ist es bei Bromnaphtalin nach Rot hin breit ausgezogen, so daß es das Aussehen einer Kannelierung gewinnt, deren schärferer, hellerer Rand bei 542 liegt. Dieser Kannelierung geht an der brechbaren Seite aber noch ein matteres, bis 508 reichendes grünes Feld vorauf. Gelb und Orange sind in schmale, aber undeutlich getrennte Streifen gegliedert. Das Rot erscheint kontinuierlich und reicht bis etwa 570.

Wird entsprechend ein H durch die CN-Gruppe ersetzt, so entsteht ein Naphtonitril



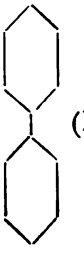
Ersetzt man in dem einen Benzolring eine ganze CH-Gruppe durch ein N, gestaltet also den einen Ring heterozyklisch, so entsteht das Chinolin,



dessen Spektrum auf erleuchtetem Grunde nur ein wenig deutliches orange Maximum und einen beiderseits jäh abfallenden hellen schmalen Streifen im Grün zeigt.

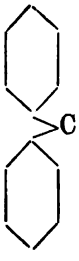
Eine Reihe anderer Naphtalinderivate werde ich noch weiter unten zu erwähnen haben.

Werden zwei Benzolringe zum Diphenyl verknüpft, so erhält man ein Spektrum aus sieben äquidistanten gleichartigen Streifen



(Diphenyl)

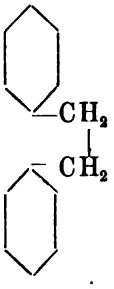
von Orange bis Violettblau. Analogen Typus hat das Diphenylketon (Benzophenon). Es zeigt ebenfalls sieben nahe äquidistante



(Benzophenon)

gleichartige Streifen, aber von anderen Wellenlängen. Die Reihe beginnt erst im Gelb und reicht bis tief ins Violett. (Ein gelber, zwei grüne, ein grünblauer und zwei violette Streifen.)

Dem Diphenyl steht das Dibenzyl (Diphenyläthan) nahe. In hellem Grunde zeigt es drei schmale Streifen, einen gelbgrünen und zwei blaue.

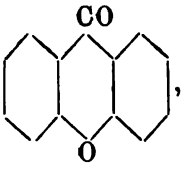


(Dibenzyl)

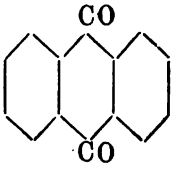
Dem Dibenzyl $\begin{matrix} C_6H_5—CH_2 \\ | \\ C_6H_5—CH_2 \end{matrix}$ ist das Stilben $\begin{matrix} C_6H_5—CH \\ \| \\ C_6H_5—CH \end{matrix}$ verwandt. Hier fällt am meisten ein am Anfang des Spektrums ganz isoliert stehender schmaler roter Streifen auf, dem eine Gruppe etwas breiterer roter Streifen folgt. Von Grün bis einschließlich Violett wird das Spektrum von drei sehr breiten Banden gebildet.

Aus solchen breiten Banden besteht auch das Spektrum des Quecksilberdiphenyls. Quecksilberlinien sind nicht wahrnehmbar.

In Kürze seien noch einige Verbindungen mit dreifachem Ringe aufgeführt. Dem schon oben erwähnten Xanthon oder Diphenylenketonoxyd



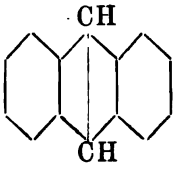
dessen mittlerer Ring heterozyklisch ist, steht das Anthrachinon



oder Diphenylendiketon chemisch nahe. Während aber das Xanthonspektrum aus einigen hellen, schmalen, weit voneinander abstehenden Streifen besteht, zeigt das Anthrachinon (nach einem nicht erkennbar gegliederten hellen roten Felde) einige nur durch schmale Intervalle getrennte, im Vergleich zu den Xanthonstreifen ziemlich breite Banden von völlig anderem Habitus, deren erste im Gelb liegt, während die letzte grünblau ist und das Spektrum plötzlich beendet.

Wenig Ähnlichkeit mit dem Xanthonspektrum zeigt auch das Spektrum des Xanthydrols. Es ist nicht ganz konstant; das Licht der Substanz ist anfangs prächtig blau, nach längerer Bestrahlung feurigrot. Entsprechend wird dann ein rotes Feld heller und gliedert sich zugleich in Streifen. Stets, für Blau- wie für Rotlicht, tritt ein schmaler sehr heller goldgelber Streifen auf.

Im Spektrum des Anthrazens



fallen besonders im stärker brechbaren Teile drei sehr breite Banden, eine blaue und zwei violette, auf. —

Bekanntlich können Verbindungen außer den eigentlichen chemischen Veränderungen, welche durch Hinzutreten oder Verlust

von Komponenten bedingt sind, noch Modifikationen erfahren, bei denen die Summe ihrer Elementarbestandteile unverändert bleibt und nur die Art der gegenseitigen Verknüpfung sich ändert (Isomerien).

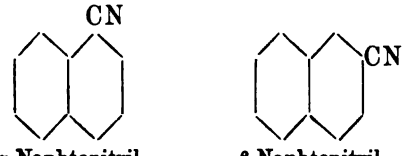
Bei den aromatischen Körpern kommt am häufigsten die sogenannte Stellungsisomerie vor. Während es Isomeriefälle gibt, in denen, wie z. B. bei Propylchlorid und Isopropylchlorid, dieselben Atome zu verschiedenen Unterbestandteilen der Verbindung gruppiert sind,

$$CH_3—CH_2—CH_2Cl \text{ und } CH_3—CHCl—CH_3$$

Propylchlorid Isopropylchlorid

sind bei der bloßen Stellungsisomerie auch die Unterbestandteile identisch und nur ihre gegenseitige Lage ist verschieden.

Wird z. B. im Naphtalin ein H substituirt, so kann die Substitution entweder an einer den beiden mittleren C-Atomen unmittelbar benachbarten CH-Gruppe erfolgen, oder an einer von ihnen durch ein CH getrennten Gruppe. Die zwei Stellungen werden als α- und β-Stellung bezeichnet. Hiernach unterscheidet man z. B., wenn die Substitution durch eine CN-Gruppe erfolgt, α-Naphtonitril und β-Naphtonitril



α-Naphtonitril β-Naphtonitril.

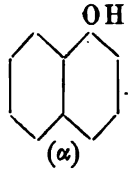
Es schien interessant, zu prüfen, ob mit dieser geringen Konstitutionsänderung noch eine merkliche Spektraländerung verbunden ist.

Die Beobachtungen zeigten in allen untersuchten Fällen, daß bei je zwei Isomeren der Typus des Spektrums (die Beschaffenheit der einzelnen Maxima und ihre allgemeine Anordnung) übereinstimmt, daß aber die absolute Lage der Maxima stets verschieden ist. Bisweilen differiert auch ihre Anzahl ein wenig. — Die einander in beiden Spektren entsprechenden Maxima sind meist leicht herauszufinden, teils vermöge ihrer relativen Helligkeit, teils durch ihren individuellen Habitus und eventuell durch ihre relative Lage in Untergruppen des Spektrums.

Das Spektrum des β-Naphtonitrils z. B. macht im wesentlichen den Eindruck eines nach der Rotseite gerückten und dabei etwas zusammengedrängten Abbildes des α-Spektrums. Beide Spektra lassen 7 bis 8 schmale Streifen von Rot bis Grün erkennen. Das grüngelbe Hauptmaximum des α-Spektrums (λ 567) wird bei β durch ein sonst gleichartiges goldgelbes Hauptmaximum vertreten. Nach der brechbareren Seite folgen auf das Hauptmaximum in jedem Spektrum zwei schmale grüne Streifen, für α bei etwa 537 und 525, für β bei 560 und 527. An der anderen Seite folgt bei α noch ein matterer gelber Streifen, dann in jedem Spektrum drei rote Streifen, die bei β aber enger aneinander gedrängt sind.

Der Typus beider Spektra erinnert noch durchaus an das Naphtalinspektrum.

Daß die Wellenlängen der β-Modifikation wie hier weniger brechbar sind als die des α-Körpers, scheint aber keiner allgemeinen Regelmäßigkeit zu entsprechen. Bei α-Naphtol



und β-Naphtol zeigt das Spektrum je zwei Maxima, das eine orangerot, das andere grün. Für α liegen die Streifenmitten bei 550 und 598, für β bei 553 und 610. Also auch hier eine Verschiebung der β-Streifen nach Rot hin.

Aber bei Azetnaphtalid ist bei der β-Modifikation (verglichen mit α-) von den beiden Spektralstreifen der eine gegen Rot, der andere gegen Violett verschoben.

Zwei schöne auf engem Gebiet streifenreiche Spektra geben α- und β-Methylnaphtalin, bei denen man von Rot bis Grün, wo das Spektrum endet, 9 bis 10 Maxima erkennen kann; die beiden Spektra zeigen noch durchaus den Typus des Naphtalinspektrums, nur in geänderten Wellenlängen.

Für α ist das brechbarste Maximum ein schmaler grüner Streifen 523; ihm folgt ein schmaler Streifen 532, dann das etwas

breitere und viel hellere Hauptmaximum 545, auf welches ein viel matteres Band, dann ein grüngelber Streifen 572 folgt. Dann folgt das zweite Hauptmaximum, goldgelb nahe D, dann ein orange Streifen bei etwa 609 und noch zwei rote, der äußerste bei etwa 640.

Die β-Modifikation hat den brechbarsten Streifen bei 515, das breitere Hauptmaximum ebenfalls nahe 545, ihm folgen entsprechend dem α-Spektrum noch zwei andere etwas verschobene grüne Streifen, dann das nach Orange verschobene zweite Hauptmaximum (598), dann drei rote Streifen 618, 640 und der schmale Grenzstreifen 654.

Wie hier die Einführung der Methylgruppe das Spektrum des Naphtalins zwar in der Lage der Streifen unverkennbar und bei beiden Modifikationen in abweichender Weise beeinflußt, aber doch den Grundtypus des Spektrums (schmale in engen Bezirk zusammengedrängte, in gewisser Weise angeordnete Streifen mit zwei Hauptmaximis) nicht alterirt hat, so veranlaßt überhaupt bei sonst gleichartiger Struktur der Verbindungen die Addition von nur aus C und H bestehenden Radikalen anscheinend allgemein die geringsten Änderungen im Typus des Spektrums. Viel eingreifender wirkt die Substitution durch andere Elemente.

Isomere sind auch Chinolin und Isochinolin.

Chinolin

Isochinolin

Chinolin gibt außer einem wenig hervortretenden orange Streifen einen hellen schmalen Streifen bei 545. Isochinolin zeigt ebenfalls einen orange Streifen und außerdem zwei hellgrüne Streifen 555 und 527.

Schließlich seien noch die bekannten Isomeren Anthrazen und Phenanthren erwähnt. Sie zeigen bei Detaildifferenzen identischen Spektraltypus, namentlich im brechbareren Teil, der drei breite Kannelierungen, eine blaue und zwei violette, enthält. —

Der Erfahrungssatz, daß für die Erzeugung eines diskontinuierlichen Spektrums eine Mehrheit von Ringen förderlich zu

sein scheint, ist nicht dahin auszudehnen, daß ganz ausnahmslos jede in den Kathodenstrahlen leuchtende aromatische Substanz mit zwei oder mehr Ringen ein diskontinuierliches Spektrum zeigt. Die (gefärbten) Nitrokörper z. B. scheinen dafür nicht disponiert zu sein. Im allgemeinen aber habe ich namentlich bei farblosen Substanzen in der Aufsuchung diskontinuierlicher Spektra nur sehr wenige Fehlgriffe getan. —

Von den Substanzen, über deren Spektra ich berichtet habe, sind auf ihr Fluoreszenz- bzw. Phosphoreszenzlicht in den Kathodenstrahlen mehrere bereits von WIEDEMANN und SCHMIDT in ihrer Arbeit „Über die Lumineszenz organischer Körper im gasförmigen, flüssigen und festen Zustande [1])“ untersucht worden. Es war dies dadurch ermöglicht, daß eine Anzahl der hier beschriebenen Verbindungen auch schon ohne Anwendung einer Kühlung die Herstellung eines Vakuums gestattet, in welchem hinreichend durchdringende Kathodenstrahlen sich ausbilden können, besonders wenn man sich des seinerzeit von mir vorgeschlagenen Hilfsmittels einer miteingeschalteten Funkenstrecke in freier Luft bedient [2]). Zu diesen Körpern gehören z. B. Naphtalin, Anthrachinon, Anthrazen u. a. m. WIEDEMANN und SCHMIDT erwähnen indes keinerlei diskontinuierliche Spektra dieser Substanzen. Die Nichtwahrnehmung konnte nicht dadurch bedingt sein, daß etwa die Diskontinuität des Spektrums nur an tiefe Temperaturen gebunden wäre. Denn ein wesentlicher Unterschied der Spektralerscheinungen bei gewöhnlichen und sehr tiefen Temperaturen zeigt sich nicht, sofern nur das Leuchten überhaupt hinreichend intensiv ist. Es wird daher möglich sein, eine Anzahl der hier beschriebenen Verbindungsspektra auch da zu beobachten, wo die Beschaffung flüssiger Luft noch mit Schwierigkeiten verbunden ist. Liegt aber die Möglichkeit starker Kühlung vor, so empfiehlt sich dieselbe auch bei Substanzen von geringer Dampfspannung, um Sublimationen und Zersetzungen hintan halten und dadurch die Spektra länger ungestört beobachten zu können.

Gewisse Substanzen sind im Handel nicht leicht rein zu erhalten, z. B. das Anthrazen, das in ganz reinem Zustande farblos

---

[1]) E. WIEDEMANN und G. C. SCHMIDT, Wied. Ann. 56, 18, 1895.
[2]) GOLDSTEIN, z. B. Wied. Ann. 15, 257, 1882.

ist und in den Kathodenstrahlen blau leuchtet, während das Handelsprodukt vielfach gelblich ist und dann grün leuchtet, wie das seinerzeit von WIEDEMANN und SCHMIDT untersuchte Präparat. (Die Firma KAHLBAUM liefert auch reines.) Das gelbe Anthrazen ist durch eine Substanz verunreinigt, die von FRITZSCHE schon 1866 isoliert und als Chrysogen bezeichnet wurde [1]). Sie erteilt dem Anthrazen starkes Fluoreszenzvermögen auch schon bei diffusem Tageslicht. Das Spektrum dieses Fluoreszenzlichtes zeigt mehrere breite Banden. In den Kathodenstrahlen traten diese mit noch größerer Intensität und Deutlichkeit hervor, haben aber mit dem Spektrum des reinen Anthrazens nichts zu tun. Das diskontinuierliche Fluoreszenzspektrum des Chrysogens bzw. des unreinen Anthrazens ist schon von E. BECQUEREL [2]) beobachtet worden. — Auch das Chrysen kommt im Handel meist durch eine fluoreszierende Beimengung gelb gefärbt vor.

Irrtümlich wäre es anzunehmen, daß auch die anderen hier erwähnten Substanzen einfach schon im Tageslicht die oben beschriebenen Spektra erkennen lassen und daß das Kathodenlicht sie nur verstärkt. Die meisten von ihnen sind farblos oder schwach gefärbt, ohne in den im Tageslicht enthaltenen Wellenlängen eine Fluoreszenz zu zeigen. — Mit der lebhaften Fluoreszenz, welche einige der untersuchten Körper (Xanthon, Xanthydrol usw.) in geeigneten Lösungsmitteln zeigen [3]), hängen die hier beschriebenen Spektra der festen Substanzen nicht erkennbar zusammen. Denn das Fluoreszenzspektrum der Lösungen erwies sich in allen verglichenen Fällen als durchaus kontinuierlich.

Auch darf nicht angenommen werden, daß das Studium dieser Emissionsspektra einfach ersetzt werden könnte durch die bequemere Untersuchung der Tageslichtabsorption in denselben Körpern. Denn den beobachteten Emissionsspektren entsprechen nicht etwa gleiche Absorptionsspektra an Kristallen oder an Lösungen der betreffenden Substanzen. Die farblosen lassen gar keine Absorptionsstreifen im Tageslicht erkennen, die farbigen zeigen keine der Emission entsprechende Streifen. Ein Wider-

[1]) FRITZSCHE, C. R. 54, 910, 1866.
[2]) BECQUEREL, Ann. chim. phys. (3) 57, 106, 1859.
[3]) R. MEYER, ZS. f. physik. Chemie 24, 468, 1897.

spruch gegen den verallgemeinerten KIRCHHOFFschen Satz ist dies nicht. Denn es bleibt zu beachten, daß die Phosphoreszenz der Körper bedingt ist von einer vorgängigen Veränderung derselben durch die auftreffende Strahlung. Erst dem veränderten Zustande entspricht die Aussendung der Spektralstrahlen. Man darf daher nicht erwarten, ihr Absorptionsbild schon an der unveränderten Substanz zu finden.

Meiser & Mertig, Dresden-N. 6.

Werkstätten für Präzisionsmechanik.

Physikalische Apparate

jeder Art in praktischer, solider u. eleganter Ausführung.

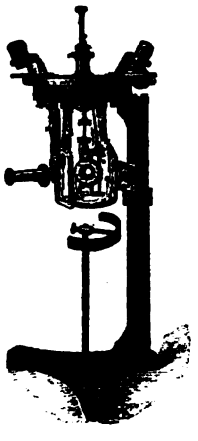
Funkeninduktoren. * Hochspannungsapparate.

Apparate für drahtlose Telegraphie.

Röntgenapparate. * Chemische Geräte.

Viele Empfehlungen und Anerkennungen.

Neue Preisliste kostenlos.



W. Apel, Universitäts-Mechaniker, Inh. Dr. M. Apel.

Geschäftsgründung 1808. **Göttingen.** Geschäftsgründung 1808.

Chemische und physikalische Apparate.

Specialität:

Rauchgasapparate, Calorimeter zur Bestimmung des **Brennwertes** der verschiedenen **Brennstoffe** und von **Gasen**, nach Ferd. Fischer.

Thermometer nach Ferd. Fischer. (Taschenbuch für Feuerungstechniker.)

Apparat zur Bestimmung d. Dielektricitätsconstanten nach Nernst. (Zeitschr. f. physik. Chemie. XIV, 4.)

Totalreflectometer nach Kohlrausch.

Demonstrationsapparate nach Behrendsen und Grimsehl.

Krystallmodelle aus Holz und Glastafeln nach Klein, Naumann und Rose.

Milchprüfungsbestecke nach Tollens.

Photometer

Spektral-Apparate

Projektions-Apparate

Glas-Photogramme

Physik. Apparate n. Prof. Grimsehl

Optisches Institut von A. Krüss

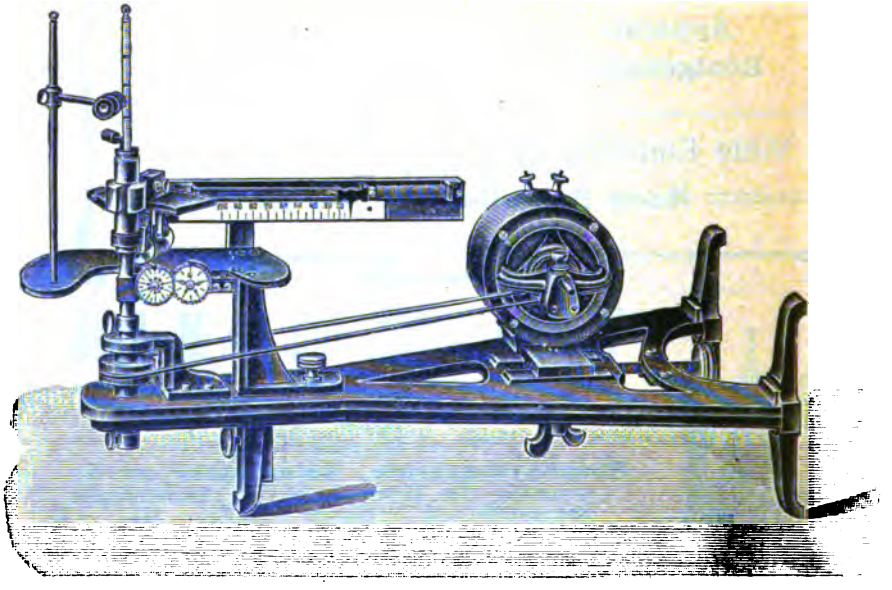
Inhaber: Dr. Hugo Krüss. HAMBURG.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

☞ Diesem Hefte liegt bei: Ein Prospekt der Verlagsbuchhandlung von **Friedr. Vieweg & Sohn** in **Braunschweig**, betr. **Die Wissenschaft.** Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien. II. Heft: **Die Kathodenstrahlen.** Von G. C. Schmidt.

Jahrg. 2 *Heft 9*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — Reine Physik

Richard Assmann — Kosmische Physik

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Inhalt.

Seite

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Bericht über die Sitzung vom 29. April 1904 171

Adresse an Wilhelm Hittorf 172

J. Schubert, Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre. (Vorgetragen in der Sitzung vom 29. April 1904.) 173

E. Gehrcke, Eine einfache Methode zur Bestimmung des Stromverlaufs hochgespannter Wechselströme. (Vorgetragen in der Sitzung vom 29. April 1904.) 176

2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.

I. Allgemeine Physik 141
II. Akustik 143
III. Physikalische Chemie 143
IV. Elektrizität und Magnetismus 146
V. Optik des gesamten Spektrums 149
VI. Wärme 151
VII. Kosmische Physik 153

Ankündigung.

Den Abonnenten der **„Fortschritte der Physik"** *können wir die erfreuliche Mitteilung machen, daſs nach langen Vorbereitungen im Anschluſs an das im Jahre 1897 im Verlage von Georg Reimer in Berlin erschienene* **General-Register** *zu den* **„Fortschritten der Physik"**, *Band XXI (1865) bis XLIII (1887), das in Anlage und Ausführung übereinstimmend mit diesem Registerbande bearbeitete*

Namen-Register nebst Sach-Ergänzungsregister *zu den* **„Fortschritten der Physik"**, *Band XLIV (1888) bis LIII (1897), unter Mitwirkung von Dr. E. Schwalbe bearbeitet von Dr. G. Schwalbe,*

nun zur Ausgabe gelangt ist.

Nach einer Einleitung, welche dazu dient, den Gebrauch des Werkes zu erleichtern, wird eine Übersicht über den Umfang der Bände, sowie über die Redakteure und Referenten, welche während der Jahre 1888 bis 1897 tätig waren, gegeben. Der Hauptteil selbst zerfällt in zwei Teile: Das **Namenregister**, *in welchem sämtliche in den zehn Jahrgängen der „Fortschritte" erwähnten nicht anonymen Titel in alphabetischer Reihenfolge der Autorennamen sich vorfinden, und das* **Sach-Ergänzungsregister**, *in welchem die anonymen Titel in sachlicher Weise geordnet sind. Wie aus der Einleitung sich ergibt, ist durch umfassende Vergleiche für die Richtigkeit der einzelnen Titel nach Möglichkeit gesorgt worden. Ebenso ist dem Bedürfnis nach Vollständigkeit in weitestem Maſse Rechnung getragen.*

Für alle, welche auf den Gebrauch der „Fortschritte" in ihren wissenschaftlichen Untersuchungen angewiesen sind, dürfte das vorliegende Register zu einem wichtigen, wenn nicht unentbehrlichen Nachschlagewerk werden. Auch für Bibliotheken, welche die **„Fortschritte der Physik"** *halten, erscheint dasselbe als notwendige Ergänzung zu denselben.*

Der Preis des stattlichen Bandes beträgt M. 60.—, worauf den Mitgliedern der Deutschen Physikalischen Gesellschaft die bekannte Ermäſsigung gewährt wird.

Die Verlagsbuchhandlung Friedr. Vieweg & Sohn
in Braunschweig.

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 15. Mai 1904. Nr. 9.

Sitzung vom 29. April 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG.

Der Vorsitzende teilt mit, daß an Herrn WILHELM HITTORF zu seinem achtzigsten Geburtstage eine Adresse übersandt sei, deren Wortlaut weiter unten abgedruckt ist, und verliest ein Dankschreiben des Herrn HITTORF.

Sodann berichtet Hr. **J. Schubert** über den Inhalt einer von ihm verfaßten Broschüre

Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre.

Ferner spricht Hr. **E. Gehrcke**

Über die geschichtete Entladung in Wasserstoff

und teilt

Eine einfache Methode zur Bestimmung des Stromverlaufs hochgespannter Wechselströme

mit.

Als Mitglied wird in die Gesellschaft aufgenommen:
Hr. FRITZ KOHLRAUSCH, Rostock, Physikalisches Institut der Universität.
(Vorgeschlagen durch Hrn. R. WACHSMUTH.)

Adresse an Wilhelm Hittorf.

(Vgl. oben S. 171.)

Ihrem berühmten Mitgliede

Herrn Wilhelm Hittorf,

welcher der Theorie der elektrolytischen Leitung durch klassische Untersuchungen ein sicheres Fundament gab, der sodann die Leitung des elektrischen Stromes durch die gasförmigen Körper als Erster in ihren quantitativen Gesetzmäßigkeiten erforschte und dabei den Weg bahnte für die großen Entdeckungen am Schluß des 19. Jahrhunderts, bringt zu dem Tage, an welchem er in vollerhaltener Tatkraft das achtzigste Lebensjahr zurücklegt,

aufrichtige Glückwünsche,

verbunden mit dem Ausdruck der Hoffnung, daß dem Jubilar noch lange vergönnt sei, die Früchte seiner Arbeit wachsen zu sehen

die Deutsche Physikalische Gesellschaft.

Berlin, 27. März 1904.

Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre;

von J. Schubert.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 29. April 1904.)

(Vergl. oben S. 171.)

Der Hauptinhalt des Vortrages ist in einer Broschüre gleichen Titels enthalten (Berlin, J. SPRINGER, 1904), auf die hiermit verwiesen wird. Es handelt sich um die Auswertung des Integrals

$$\int_0^H C(t-t_0)\,dh$$

für eine senkrechte Säule, deren Horizontalquerschnitt gleich der Flächeneinheit ist, und die von der Erdoberfläche bis zu einer Tiefe H reicht, in der die Temperaturschwankungen unmerklich sind. C ist die Wärmekapazität pro Volumeneinheit, t die jeweilige, t_0 die Ausgangstemperatur. Die Arbeit stützt sich auf theoretische Untersuchungen W. v. BEZOLDS [1]), der jenen Ausdruck als Wärmegehalt des Bodens bezeichnet. Der Unterschied zwischen dem tiefsten und höchsten Wärmegehalt im Jahr gibt den jährlichen Wärmeaustausch oder -Umsatz.

Für die Atmosphäre wird als Wärmegehalt der Wert

$$\int_0^H \varrho\, c_p\,(t-t_0)\,dh$$

eingeführt, wo ϱ die Dichte und c_p die spezifische Wärme bei konstantem Druck bezeichnet und H die Höhe der Atmosphäre ist. An Stelle dieses Wertes kann man den leichter zu berechnenden setzen

$$1{,}36\, c_p \int_0^{760} (t-t_0)\,db,$$

in dem b den Luftdruck in Millimeter bezeichnet, und der den Wärmegehalt in Grammkalorien pro Quadratzentimeter angibt. Um

[1]) Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1892, S. 1139.

auch die Dampfwärme näherungsweise zu berücksichtigen, wird der Ausdruck

$$1{,}36 \cdot 0{,}6 \int_{0}^{760} (y - y_0)\, db$$

hinzugefügt, in dem y die spezifische Feuchtigkeit in Gramm pro Kilogramm Luft bedeutet.

Für den festen Erdboden sind in erster Linie die Temperaturbeobachtungen zu Eberswalde, für das Wasser diejenigen der Dänischen Feuerschiffstationen in Ost- und Nordsee und für die Atmosphäre die Ergebnisse der Berliner Luftfahrten zugrunde gelegt. Als Hauptresultat ergibt sich ein außerordentliches Überwiegen des Wärmeaustausches im Meere. Für den jährlichen Wärmeumsatz erhält man folgende Werte in Grammkalorien pro Quadratzentimeter:

Sandboden (Eberswalde)	1850
Atmosphäre ohne Dampfwärme (Berlin)	2620
Atmosphäre mit Dampfwärme (Berlin)	3600
Ost- und Nordsee (Dänische Stationen)	44000

Der darauf beruhende große Einfluß des Meeres auf die Witterungsvorgänge in benachbarten Ländern läßt sich in mehrfacher Beziehung nachweisen.

Auch der tägliche Wärmeaustausch ist im Wasser erheblich größer als im festen Lande, wie durch Beobachtungen in Finnland von Homén, in Eberswalde und an der Küste von Heringsdorf gezeigt wird.

Der jährliche Gang des Wassergehaltes der einzelnen Schichten der Atmosphäre erfährt mit wachsender Höhe eine Verzögerung. Durch Hinzutritt der Dampfwärme werden die Phasen des jährlichen Wärmeganges am Boden verzögert, von 600 m an aufwärts und besonders in 2000 m Höhe aber beschleunigt. Nach den Wolkenbeobachtungen zu Potsdam fällt die Höhe von 2000 m in die Region der Cumulusbildung. Man kann die genannten Wolkenbeobachtungen auch benutzen, um die Geschwindigkeit der Luftströmung in verschiedenen Höhen zu ermitteln. In erster Annäherung ergibt sich für die Geschwindigkeit in einer Höhe von H Kilometern bis etwa 10 km Höhe im Jahresdurchschnitt

$$v = 5{,}5 + 2{,}5 \cdot H \, \frac{m}{sek}.$$

Hieraus läßt sich ein ungefähres Maß für die der Luft innewohnende Bewegungsenergie finden. Bei vollständiger Umwandlung in Wärme würde die durchschnittliche Temperaturerhöhung der Atmosphäre etwa 0,3° betragen, was einer Wärmemenge von etwa 80 kal./cm² entspricht. — Für die Übertragung der Eigenschaften der Luft ist in erster Linie die Stärke der Luftströmung, d. h. die in der Zeiteinheit durch die senkrechte Querschnitteinheit hindurchströmende Luftmenge von Bedeutung. Diese scheint in der Höhe von 7 km ihr Maximum zu haben. Berechnet man dagegen die Menge Wasserdampf, die in der Zeiteinheit durch die Querschnittseinheit strömt, so erreicht diese ihren größten Wert schon innerhalb des ersten Kilometers über dem Erdboden, was aus der starken Abnahme des Dampfgehaltes nach oben erklärlich ist. Die weitere Ausbildung dieser Methoden und ihre Anwendung namentlich auf die Ergebnisse der internationalen Luftfahrten scheint für die Physik der Atmosphäre von vielversprechender Bedeutung.

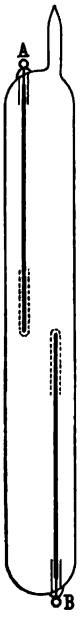
Eine einfache Methode zur Bestimmung des Stromverlaufs hochgespannter Wechselströme;

von E. Gehrcke.

(Vorgetragen in der Sitzung von 29. April 1904.)
(Vergl. oben S. 171.)

H. A. WILSON hat gefunden [1]), daß das negative Glimmlicht an der Kathode eines GEISSLERschen Rohres so lange eine der Stromstärke proportionale Fläche bedeckt, als es die Kathode noch nicht ganz überzieht. Man kann auf diese sehr einfache und merkwürdige Gesetzmäßigkeit einen Strommesser gründen.

Fig. 1.



Die Elektroden A und B (Fig. 1) des GEISSLERschen Rohres sind zwei etwa 20 cm lange Nickeldrähte, die in der gezeichneten Weise in ein weites Rohr von etwa 6 cm Durchmesser eingeschmolzen sind. Wenn man die Drähte 2 mm dick wählt, sind sie steif genug, um von den an den Einschmelzstellen angebrachten Glasröhrchen in unverrückter Lage und ohne Biegung gehalten zu werden.

Fließt bei passend gewählter Verdünnung des Gases ein hochgespannter Gleichstrom durch das Rohr, so ist die eine Elektrode, etwa A, von einer Lichthaut, dem negativen Glimmlicht, überzogen, welches nach WILSON eine der Stromstärke proportionale Länge des Kathodendrahtes einnimmt. Die Anode B pflegt nur an der Spitze etwas zu leuchten.

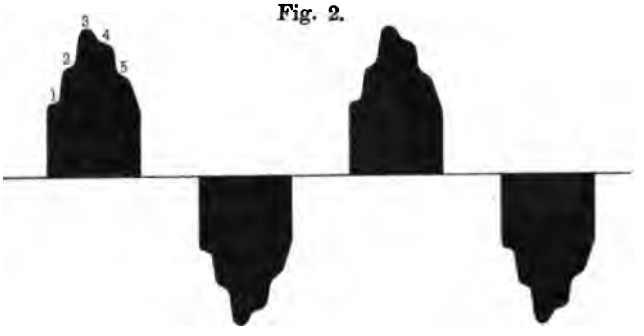
Läßt man einen Wechselstrom durch das Rohr fließen, so sind beide Elektroden von Glimmlicht überzogen, wie in Fig. 1 angedeutet, und die Spitzen der Drähte markieren sich durch ein anodisches Lichtpünktchen. Betrachtet man nun die Erscheinung im rotierenden Spiegel, dessen Rotationsachse parallel den Elektroden A und B steht, so erblickt man die zeitlich aufeinanderfolgenden Phasen des Stromverlaufs räumlich nebeneinander. Hat dabei das Rohr eine solche Stellung, daß im Bilde des rotierenden Spiegels die Elektroden in eine einzige gerade Linie

[1]) H. A. WILSON, Phil. Mag. (6) 4, 608, 1902.

zu fallen scheinen, so ist die Umgrenzungskurve der hellen Spiegelbilder des Glimmlichtes direkt die Stromkurve des Wechselstromes.

In Fig. 2 ist ein Strombild skizziert, wie es von dem mittels Transformators von etwa 18 auf etwa 450 Volt hochtransformier-

Fig. 2.



ten Wechselstrom der Charlottenburger Zentrale (50 Perioden pro Sekunde) erhalten wurde. An den sekundären Enden des Transformators lag das oben beschriebene Rohr. — Man erblickt (Fig. 2) Maxima und Minima einer mit Unterbrechungen versehenen, stark verzerrten Sinuskurve. Die kleinen Maxima 1, 2, 3, 4, 5 finden sich auch auf der mittels BLONDELschem Oszillographen aufgenommenen Kurve und entsprechen tatsächlichen Abweichungen von der reinen Sinusform, die Unterbrechungsstellen dagegen sind nicht reell, sondern kommen durch eine Eigentümlichkeit des Apparates zustande. Da nämlich ein GEISSLERsches Rohr erst oberhalb einer gewissen Spannung anspricht, so erlischt das Glimmlicht, bevor es sich auf Null, entsprechend der Stromstärke Null, zusammengezogen hat. Es müssen deshalb diejenigen Teile der Stromkurve in Fortfall kommen, bei denen der Wechselstrom durch seinen Nullwert hindurchgeht.

Fig. 3.

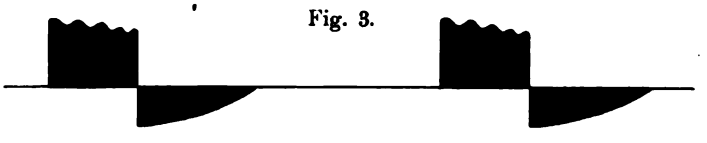
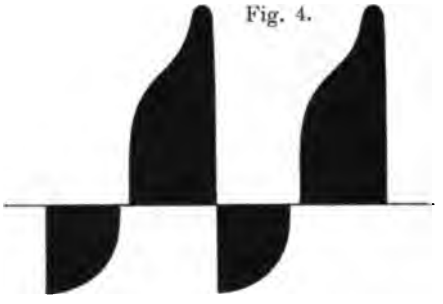


Fig. 3 ist eine von der Sekundärspule eines Induktors mittlerer Größe erhaltene Stromkurve bei Betrieb mit gewöhnlichem WAGNERschem Hammer, Fig. 4 desgl. bei Betrieb mit WEHNELT-Unterbrecher; man erkennt auch hier den typischen Verlauf des Stromes.

— In den Fig. 2, 3 u. 4 markiert sich die Mittellinie von selbst durch den kleinen anodischen Lichtfleck.

Den störenden Ausfall eines Stückes der Stromkurve (vergl. Fig. 2) wird man sicherlich noch durch Wahl eines geeigneteren Gases verringern, wenn auch nicht völlig zum Verschwinden bringen können. Ich habe bisher nur Luft, Stickstoff und Wasserstoff probiert. — Besonders geeignet dürfte vielleicht das Argon sein, nicht nur wegen seines geringen Kathodenfalls, sondern auch wegen seiner chemischen Indifferenz. Prinzipiell muß es möglich sein, worauf Herr ORLICH mich freundlichst aufmerksam machte, das fehlende Stück der Kurve dadurch sichtbar zu machen, daß man eine konstante, nicht zu geringe elektromotorische Kraft hinzuschaltet, was freilich aber nicht immer bequem und leicht ausführbar ist. Durch diesen Kunstgriff müssen indes auch Wechselstromkurven niedriger Spannung, die sonst nicht zu sehen sind, beobachtbar werden.

Fig. 4.



Mir scheint, daß der beschriebene „Glimmlichtstrommesser" in solchen Fällen mit Erfolg anwendbar sein könnte, wo man bisher nur auf die BRAUNsche Röhre angewiesen ist. Wenn schon die Kapazität des „Glimmlichtstrommessers" größer ist als diejenige (der Spulen) der BRAUNschen Röhre, so dürfte er den Vorzug geringer Selbstinduktion besitzen. An Einfachheit und Wohlfeilheit aber überträfe er alle bisherigen Mittel zur Wahrnehmung von Wechselstromkurven, vorausgesetzt, daß die für Gleichstrom gültige WILSONsche Gesetzmäßigkeit sich in gleichem Maße auch für Wechselstrom bewahrheitet. Eine definitive Entscheidung hierüber können erst eingehendere Untersuchungen ergeben.

Zum Schluß möchte ich auch an dieser Stelle Herrn Prof. GOLDSTEIN für seine Unterstützung bei der Ausführung der Versuche meinen herzlichsten Dank aussprechen. Herr GOLDSTEIN hat nicht nur in liebenswürdigster Weise mehrere Röhren für mich hergestellt, sondern auch die Arbeit durch eigene Vorschläge gefördert.

Charlottenburg, Physik.-Techn. Reichsanstalt, April 1904.

Max Kohl ❀ Chemnitz i. S.

Werkstätten für Präzisions-Mechanik

liefert als Spezialität:

Komplette Einrichtungen f. physikalische und chemische Laboratorien.

Physikalische und chemische Apparate und Gerätschaften.

Elektrotechnische Abteilung.

Außer den in meinem Etablissement vereinigten modern eingerichteten **Mechaniker-Werkstätten** habe ich auch eigene **Dampftischlerei, Holz-, Metall- und Fein-Lackiererei, Klempnerei, Schlosserei, 2 Präzisions-Teilmaschinen etc.** in meiner Fabrik und bin deshalb in der Lage, alle vorkommenden Arbeiten durch mein eigenes Personal ausführen zu lassen. Meine Herren Abnehmer haben dadurch Gewähr, zu mäßigen Preisen solid ausgeführte Apparate zu erhalten, bei deren Konstruktion stets die neuesten auf dem Gebiete der Wissenschaft gemachten Fortschritte Berücksichtigung fanden! 280 Arbeiter, 30 Beamte, 6600 □m Arbeitsfläche, ca. 120 Arbeitsmaschinen.

Einrichtungen kompl. Röntgenkabinette mit Funkeninduktoren aller Größen und für jede Betriebsart. (Die Kohl'schen Funkeninduktoren werden allseitig als die preiswertesten und leistungsfähigsten anerkannt.)

Neu! Spinthariskope, mit Fluoreszenz-Schirm und einer kleinen Menge Radium auf beweglichem Zeiger, um die außerordentlichen radioaktiven Eigenschaften des Radiums zu zeigen. Preis Mk. 24.—.

Preislisten mit ausführlichen Beschreibungen, Referenzen etc. kostenfrei.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Lehrbuch der Physik

von **Andrew Gray,**

Professor der Physik an der Universität Glasgow.

Autorisierte deutsche Ausgabe von

Dr. Felix Auerbach,

Professor an der Universität Jena.

Erster Band. **Allgemeine und spezielle Mechanik.** Mit 400 eingedruckten Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 20 *M.*, geb. 21 *M.*

Apparate

für

Seilwellenversuche nach Wilh. Volkmann

Assistent für Physik an der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin

Alleinige Fabrikanten:

Georg Beck & Co., Berlin-Rummelsburg.

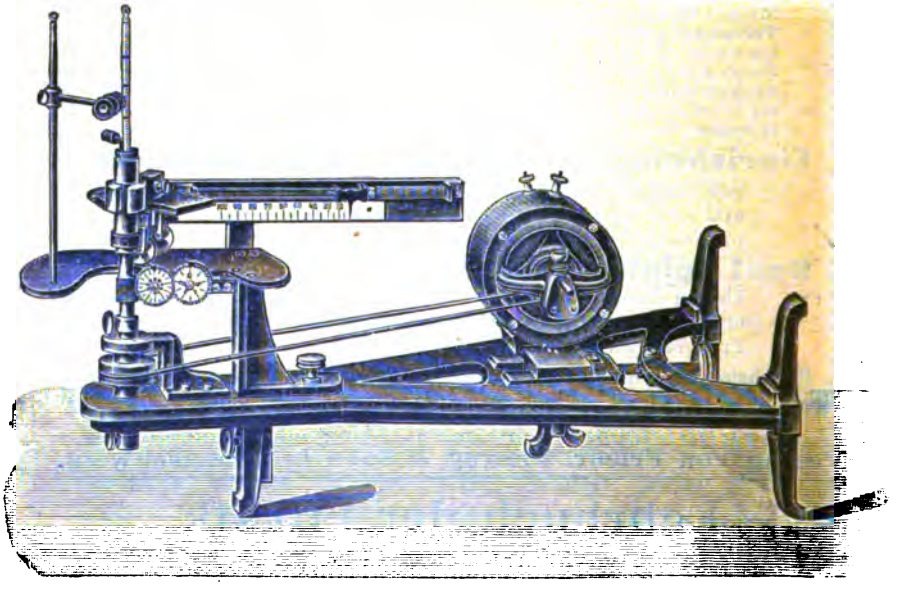
Spezialfabrik für wissenschaftliche Instrumente.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 10*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik

Richard Assmann für kosmische Physik

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Inhalt.

Seite

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Bericht über die Sitzung vom 13. Mai 1904 179

Vermögens-Bilanz der Deutschen Physikalischen Gesellschaft am 31. Dezember 1903 182

Gewinn- und Verlust-Konto am 31. Dezember 1903 183

N. Umow, Über einen Projektionsschirm. (Aus einem Brief des Herrn N. Umow in Moskau vom 29. April d. J. an den Vorsitzenden.) 184

E. Goldstein, Über die Emissionsspektra aromatischer Verbindungen. (Vorgelegt in der Sitzung vom 13. Mai 1904.) . . . 185

2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.

I. Allgemeine Physik 159
II. Akustik 161
III. Physikalische Chemie 161
IV. Elektrizität und Magnetismus 163
V. Optik des gesamten Spektrums 166
VI. Wärme 168
VII. Kosmische Physik 170

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 30. Mai 1904. Nr. 10.

Sitzung vom 13. Mai 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG.

Der bisherige Rechnungsführer Hr. **M. Planck** erstattet über Einnahme und Ausgabe der Gesellschaft im Jahre 1903 Bericht und legt die weiter unten abgedruckte Vermögens-Bilanz, sowie die Übersicht des Gewinn- und Verlust-Kontos der Gesellschaft vor.

Ein Antrag der Revisoren, der Herren Frh. v. SEHERR-THOSS und E. JAHNKE, die Entlastung zu erteilen, wird angenommen. Der Vorsitzende spricht alsdann dem Rechnungsführer den Dank der Gesellschaft für seine Mühewaltung aus.

Der von Hrn. M. PLANCK vorgelegte Voranschlag für Einnahmen und Ausgaben im neuen Geschäftsjahre wird einstimmig angenommen.

Aus den jetzt durch Akklamation, zum ersten Male gemäß den neuen Satzungen vollzogenen Wahlen geht der Vorstand und Beirat in folgender Zusammensetzung hervor:

Hr. G. QUINCKE, Ehrenpräsident.
Hr. E. WARBURG, Vorsitzender.
Hr. W. v. BEZOLD, }
Hr. E. HAGEN, }
Hr. O. LUMMER, } Beisitzer.
Hr. E. PRINGSHEIM, }
Hr. H. RUBENS, }

Hr. E. JAHNKE, Rechnungsführer.
Hr. M. PLANCK, stellvertretender Rechnungsführer.
Hr. F. KURLBAUM, Schriftführer.
Hr. H. STARKE, stellvertretender Schriftführer.
Hr. M. Frh. v. SEHERR-THOSS, } Revisoren.
Hr. F. F. MARTENS, }
Hr. H. KREUSLER, Bibliothekar.
Hr. E. MEYER, stellvertretender Bibliothekar.

Der neugewählte Vorstand und Beirat kooptiert

Hrn. R. ASSMANN } als Redakteure der „Fortschritte der Physik",
Hrn. K. SCHEEL }

letzteren zugleich als Redakteur der „Verhandlungen" der Gesellschaft.

In den Wissenschaftlichen Ausschuß wurden gewählt

Hr. G. QUINCKE (Ehrenpräsident) als Vorsitzender,

ferner als Mitglieder

Hr. R. ABEGG,	Hr. E. PRINGSHEIM,
Hr. F. KOHLRAUSCH,	Hr. F. RICHARZ,
Hr. E. LECHER,	Hr. M. Frh. v. SEHERR-THOSS,
Hr. O. LUMMER,	Hr. M. WIEN,
Hr. O. E. MEYER,	Hr. O. WIENER.

Vor Eintritt in den wissenschaftlichen Teil der Tagesordnung verliest der Vorsitzende einen Brief von Hrn. N. UMOW in Moskau, aus dem der interessierende Passus weiter unten zum Abdruck gebracht ist.

Alsdann spricht Hr. **W. v. Nicolajew** (a. G.) über

Versuche über den Einfluß der Leitfähigkeit bei elektrostatischen Experimenten.

Ferner trägt Hr. **O. Schönrock**

Über die Saccharimeterskala nach VENTZKE und die Prüfung der Saccharimeter und Quarzplatten

vor.

Endlich legt Hr. **E. Goldstein** eine Mitteilung

Über die Emissionsspektra aromatischer Verbindungen

mit einigen erläuternden Worten vor. Es wird der Abdruck der Mitteilung in den Verhandlungen beschlossen.

Als Mitglied wird in die Gesellschaft aufgenommen:

Hr. Dr. WILLY KIESEWETTER, Groß-Lichterfelde bei Berlin, Bismarckstr. 19.

(Vorgeschlagen durch Hrn. O. LUMMER.)

Vermögens-Bilanz
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft
am 31. Dezember 1903.

Aktiva. ***Passiva.***

	Mark	Pf.		Mark	Pf.
Effekten-Konto	16 884	90	Kapital-Konto	31 276	95
Deutsche Bank	4 327	90	Gewinn- und Verlust-Konto	3 224	43
Bibliothek	12 920	—	Kassa-Konto	669	60
Versicherungs-Konto	47	30	Friedr. Vieweg u. Sohn	781	57
Konto durchlaufender Rechnungen	25	50	Mitgliederbeiträge-Konto	30	—
Jahresbericht-Konto Lit. D (Bd. 58)	555	43	Stiftungsfest-Konto	132	08
„ „ Lit. E (Bd. 59)	557	25			
„ „ Lit. A (Bd. 60)	481	35			
„ „ Extraord. (Register)	315	—			
	36 114	63		36 114	63

Berlin, 30. April 1904.

M. Planck, Rechnungsführer.

Revidiert und richtig befunden: **M. Frh. v. Seherr-Thoss.**
E. Jahnke.

Gewinn- und Verlust-Konto

am 31. Dezember 1903.

Debet.	Mark	Pf.	*Kredit.*	Mark	Pf.
Bureaubeamter	300	—	Vortrag vom Jahre 1902	2 187	35
Bote, Diener, Heizer, Portier	785	—	Beiträge von 183 Berliner Mitgl. pro 1903. I.	1 830	—
Bücher, Zeitschriften	468	25	„ „ 176 „ „ „ 1903. II.	1 760	—
Buchbinder	293	15	„ „ 165 auswärtig. Mitgl. 1903	825	—
Bibliothek, Lesezirkel, Inventar	154	30	Zinsen von Wertpapieren	760	—
Verhandlungen	221	52	„ „ Depositengeldern	35	40
Fortschritte der Physik, Bd. 57, Verlag	60	29			
„ „ „ Bd. 57, Redaktion	471	—			
Laufende Ausgaben der Redakteure	172	—			
Versicherung	16	—			
Drucksachen, Schreibmaterialien	319	65			
Porti	734	11			
Extraordinaria	178	05			
Vortrag für das Jahr 1904	3 224	43			
	7 397	75		7 397	75

Vorstehender Etat-Abschluß ist von der Gesellschaft genehmigt.

Berlin, 13. Mai 1904.

(gez.) **E. Warburg.**

Über einen Projektionsschirm;
von N. Umow.

Aus einem Brief des Herrn N. Umow in Moskau vom 29. April d. J. an den Vorsitzenden.

(Vgl. oben S. 180.)

. . . Ich bitte Sie, der Gesellschaft über einen von mir konstruierten Projektionsschirm zu berichten, welcher alle bekannten an Lichtstärke übertrifft. Die Spektra und die lichtschwächsten Interferenzphänomene (z. B. die mit dem Biprisma hervorgebrachten) erhalten einen außerordentlichen (metallischen) Glanz. Der Schirm wird aus einem gewöhnlichen, möglichst dünnen Spiegel gefertigt, indem seine freie Oberfläche matt geschliffen wird. — Man kann auch eine matte Glasscheibe einseitig versilbern. Der Schirm muß vor dem Auditorium ein wenig nach verschiedenen Seiten gedreht werden (um 5 bis 10°). Der beleuchtete Schirm sieht an sich schon schön aus, nämlich wie eine Tafel aus mattem Silber.

Über die Emissionsspektra aromatischer Verbindungen;

von E. Goldstein.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 13. Mai 1904.)

(Vergl. oben S. 181.)

Kürzlich habe ich an einer Reihe von Beispielen die Erscheinung beschrieben[1]), daß feste organische Körper aus der sogenannten aromatischen Gruppe unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen diskontinuierliche Emissionsspektra geben. Die damals angeführten Beobachtungen führten zu der Auffassung, daß im allgemeinen eine Struktur mit doppeltem oder dreifachem „Ring" die Disposition zum Auftreten eines diskontinuierlichen Spektrums erhöht. So wird z. B. bei der Phtalsäure, der nur ein einziger Ring zugeschrieben wird, ein kontinuierliches Spektrum beobachtet, während das Phtalsäureanhydrid, welches zwei Ringe enthält, ein diskontinuierliches Spektrum zeigt. Die Benzoesäure (1 Ring) gibt, wie weiter unten näher erörtert wird, während der Entladung nur ein kontinuierliches Spektrum, das Benzoesäureanhydrid, $(C_6H_5CO)_2O$, das den Benzolring zweimal enthält, dagegen zeigt sechs sehr markierte Maxima. Jedoch schließt das Vorhandensein nur eines Ringes ein diskontinuierliches Spektrum nicht prinzipiell aus, und meine heutige Mitteilung soll eine kurze Übersicht über solche Spektra in der Einring-Gruppe geben. — Entsprechend dem in der ersten Mitteilung beschriebenen Verfahren wurden die geprüften Substanzen durch flüssige Luft ge-

---

[1]) Goldstein, Verh. d. D. Phys. Ges. 6, 156, 1904.

kühlt, also bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Präparate dann als feste Körper untersucht. Soweit feste Präparate die Herstellung eines Vakuums auch bei gewöhnlicher Temperatur gestatteten, wurden solche Körper außerdem bei Zimmerwärme und bei intermediären Temperaturen geprüft.

Bei der Beobachtung der hier in Betracht kommenden Gruppen und ihrer Spektra kann man drei Abteilungen unterscheiden, die aber nicht mit chemischen Gruppen zusammenfallen. Die eine Abteilung liefert nur kontinuierliche Spektra. Dahin gehören z. B. Salicylsäure, Phtalsäure, Isophtalsäure, Hippursäure, Resorcin, Brenzcatechin.

Die zweite Abteilung gibt ein kontinuirliches und ein diskontinuirliches Spektrum, wobei die beiden Spektra nacheinander wahrgenommen werden. Diese Erscheinung wird durch den Umstand bedingt, daß zahlreiche Substanzen nicht nur während der Bestrahlung durch das Kathodenlicht leuchten, sondern auch nach Unterbrechung der Entladung ein Nachleuchten zeigen. Dann ist es häufig der Fall, daß das während der Bestrahlung auftretende Licht („primäres" Leuchten) ein kontinuierliches Spektrum liefert, das Nachleuchten ein diskontinuierliches. In diese Gruppe gehören z. B. Benzoesäure, Paraoxybenzoesäure, Anissäure oder Methyloxybenzoesäure, Phenol, Terephtalsäure. Fast immer ist dann die Farbe des Nachlichtes von der des primären Leuchtens verschieden. Bisweilen tritt auch das Umgekehrte ein, daß das primäre Leuchten ein diskontinuierliches Spektrum zeigt, das Nachlicht ein kontinuierliches.

Die Erscheinung an sich, daß eine Substanz zwei verschiedene Leuchtfarben zeigen kann, ist bei organischen wie bei anorganischen Körpern außerordentlich verbreitet. Dabei brauchen die verschiedenen Farben einander nicht immer zeitlich abzulösen, sondern können auch ungeachtet durchaus gleichzeitigen Auftretens als gesonderte Phänomene auffallen. Farblose Substanzen z. B. leuchten meist in den ersten Augenblicken der Bestrahlung blau, nach einiger Zeit kann irgend eine andere Leuchtfarbe (bei Kohlenwasserstoffen, ihren Haloidderivaten und Säuren häufig grün) her-

vortreten. Dieser anscheinende Farbenwechsel beruht darauf, daß von zwei gleichzeitig vorhandenen Lichtemissionen die eine (blau) allmählich schwächer, die andere (grün) stärker wird. Beide können aber im selben Moment beginnen und gleichzeitig erlöschen. Sehr häufig aber tritt der Fall ein, daß die Leuchtenergie der beiden Färbungen mit verschiedener Geschwindigkeit ausgegeben wird, wobei das eine Licht sich meist auf die Dauer der Bestrahlung beschränkt. Dann wird die Erscheinung des andersfarbigen Nachlichts beobachtet.

Endlich gibt es in spektraler Beziehung eine dritte Abteilung von Substanzen, bei ihnen wird nur ein diskontinuierliches Spektrum wahrgenommen. Sie lassen häufig nur eine einzige Nüance der Leuchtfarbe erkennen, z. B. sogleich beim Einsetzen der Bestrahlung ein lebhaftes Grün oder Weißgelb oder Rot — doch muß dahingestellt bleiben, ob nicht auch bei vielen von ihnen das Leuchten mit einem Blaulicht beginnt, das nur wegen äußerst kurzer Dauer oder sehr geringer relativer Intensität sich der Wahrnehmung entzieht. Hierher gehören z. B. gewisse aromatische Kohlenwasserstoffe und manche Phenole.

Die Erscheinung einer zweifarbigen Lichtemission, wobei die beiden Farben entweder verschiedene Leuchtdauer haben oder bei gleicher Dauer im Laufe der Zeit ihre relative Intensität vertauschen, ist bei anorganischen Substanzen, die den Kathodenstrahlen ausgesetzt wurden, schon früher sehr häufig von mir beobachtet worden. Sie beruhte in sehr zahlreichen Fällen darauf, daß die untersuchten Substanzen chemisch nicht völlig homogen waren. Z. B. geben, wie ich seinerzeit beschrieb [1]), alle Metalle, welche weiße Oxyde bilden, mit farblosen Säuren Verbindungen, die in ganz reinem Zustande in den Kathodenstrahlen blau leuchten. Minimale Beimengungen aus den Gruppen der Metalle mit farbigen Oxyden aber genügen, um außerdem ein andersfarbiges Leuchten von meist viel längerer Dauer zu erzeugen, welches dann als andersfarbiges Nachlicht zur Wahrnehmung

[1]) Goldstein, Sitzungsber. d. Berl. Akad. der Wiss. 1900, S. 818.

kommt, oder auch schon während der Bestrahlung durch seine größere Helligkeit das Blaulicht der Grundsubstanz überglänzt.

Es läge somit nahe, auch bei den organischen Substanzen das zweifarbige Leuchten einfach überall auf kleinere oder größere Verunreinigungen, etwa durch Retention von Lösungsmitteln u. dgl., zurückzuführen. Obwohl ich bisher einen solchen Fall nicht habe nachweisen können, soll doch noch näher untersucht werden, ob bei immer subtilerer Reinigung von organischen Substanzen ihr Spektrum noch alteriert wird — eine Aufgabe, deren Erledigung natürlich einen gewissen Zeitraum erfordert. Es ist aber selbst bei chemisch reinen Substanzen auch denkbar, daß die Substanzen durch die Kathodenstrahlen Modifikationen, etwa analog wie bei der Bildung von Nachfarbe-Allotropien, erleiden, denen dann die Emission andersfarbigen Lichtes entspricht.

Nach diesen Vorbemerkungen möchte ich kurz angeben, in welchen Gruppen der mit nur einem Ringe versehenen aromatischen Substanzen diskontinuierliche Spektra bisher erkennbar waren. Bei jeder der neun Gruppen habe ich als Beispiele bekanntere Substanzen angeführt, an denen ich diskontinuierliche Spektra beobachtet habe. — Die schon bei den Doppelringsubstanzen gemachte Erfahrung, daß für stellungsisomere Verbindungen der Spektraltypus identisch ist, bewährt sich im Gebiet der Einringsubstanzen ebenfalls. Die Triaden der isomeren Ortho-, Meta- und Parakörper geben hier mehrfach interessante Belege dazu.

1. Kohlenwasserstoffe. Toluol, Orthoxylol, Metaxylol, Paraxylol, Äthylbenzol, Propylbenzol, Mesitylen, Cumol, Pseudocumol, Cymol. — Die Spektra von Paraxylol und Orthoxylol dürften zu den schönsten gehören, die im ganzen Gebiet der Spektralanalyse beobachtet sind. Sie bestehen aus langen Reihen gleichartiger, dichtgestellter heller schmaler Maxima, die im Blau beginnen und sich bis ins Rot erstrecken. Das Metaxylol hat denselben Spektraltypus, aber etwas breitere und nicht durchweg so gut gesonderte Streifen. Die Maxima sind wahrscheinlich sämtlich rasch abfallende Kannelierungen, deren schärferer Rand nach Violett gekehrt ist.

Beim Paraxylol liegt der schärfere Rand des äußersten Streifens bei 470, die Streifenmitte bei etwa 471. Bis ins Gelb lassen sich die Streifen noch zur Messung hinreichend sondern, die abnehmende Dispersion drängt die weiterhin liegenden Maxima immer dichter aneinander. Die Mitten der deutlich gesonderten Streifen haben die Wellenlängen 471 — 481 — 489 — 500 — 510 — 520 — 532 — 543 — 555 — 567 [1]).

Für Orthoxylol liegt der äußerste blaue Streifen bei 477, ihm folgen dann Streifen bei 487 — 494 — 500 (schwach) — 507 — 513 — 520 — 526 — 533 — 540 — 547 — 556. Bei 560 liegt ein sehr lichtschwacher Raum; dann folgen die dichtgedrängten Streifen, aus denen das Rot besteht. Die Reihenfolge der abnehmenden Breiten der einzelnen Maxima ist Meta-, Para-, Orthoxylol.

2. Halogenderivate der Benzolkohlenwasserstoffe. Orthochlortoluol, Metachlortoluol, Parachlortoluol, Orthobromtoluol, Parabromtoluol (der Metakörper war nicht zu beschaffen), Chlorbenzol. — Für das Orthochlortoluol hat der das Spektrum an der brechbareren Seite begrenzende blaue Streifen die Wellenlänge 485, beim Metakörper 477, beim Parakörper 469.

3. Säuren. Die drei Methylbenzoesäuren: Orthotoluylsäure, Metatoluylsäure, Paratoluylsäure; Propylbenzoesäure (Cuminsäure), Phenylessigsäure.

4. Säurechloride. Benzoylchlorid.

5. Alkohole. Benzylalkohol, Saligenin, Zimtalkohol.

6. Aldehyde. Benzylaldehyd.

7. Phenole. Orthoxylenol, Metaxylenol, Paraxylenol, Orthokresol, Parakresol.

8. Nitrile. Benzonitril, Orthotolunitril, Metatolunitril, Paratolunitril.

9. Ketone. Acetophenon, Benzylmethylketon, Äthylphenylketon.

---

[1]) Die Bestimmungen wurden wieder mittels eines mit Wellenlängenskala versehenen Handspektroskops ausgeführt.

Hinsichtlich der Streifenbreiten sei noch bemerkt, daß ich in meiner vorigen und in der vorliegenden Mitteilung als schmale Streifen solche bezeichnet habe, deren scheinbare Breite nicht größer ist, als die der schmalsten grünen Streifen im Flammenspektrum des Baryumchlorids oder der roten Streifen im Flammenspektrum des Strontiumchlorids. Doch kommen häufig auch noch viel schmalere Streifen vor, für deren beide Ränder die Wellenlängen sich wohl um nicht mehr als 0,5 $\mu\mu$ unterscheiden.

Meiser & Mertig, Dresden-N. 6.

Werkstätten für Präzisionsmechanik.

Physikalische Apparate

jeder Art in praktischer, solider u. eleganter Ausführung.

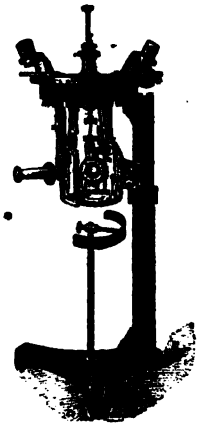
Funkeninduktoren. * Hochspannungsapparate.

Apparate für drahtlose Telegraphie.

Röntgenapparate. * Chemische Geräte.

Viele Empfehlungen und Anerkennungen.

Neue Preisliste kostenlos.



W. Apel, Universitäts-Mechaniker, Inh. Dr. M. Apel.

Geschäftsgründung 1808. **Göttingen.** Geschäftsgründung 1808.

Chemische und physikalische Apparate.

Specialität:

Rauchgasapparate, Calorimeter zur Bestimmung des **Brennwertes** der verschiedenen **Brennstoffe** und von **Gasen,** nach Ferd. Fischer.

Thermometer nach Ferd. Fischer. (Taschenbuch für Feuerungstechniker.)

Apparat zur Bestimmung d. Dielektricitätsconstanten nach Nernst. (Zeitschr. f. physik. Chemie. XIV, 4.)

Totalreflectometer nach Kohlrausch.

Demonstrationsapparate nach Behrendsen und Grimsehl.

Krystallmodelle aus Holz und Glastafeln nach Klein, Naumann und Rose.

Milchprüfungsbestecke nach Tollens.

Photometer

Spektral-Apparate

Projektions-Apparate

Glas-Photogramme

Physik. Apparate n. Prof. Grimsehl

Optisches Institut von A. Krüss

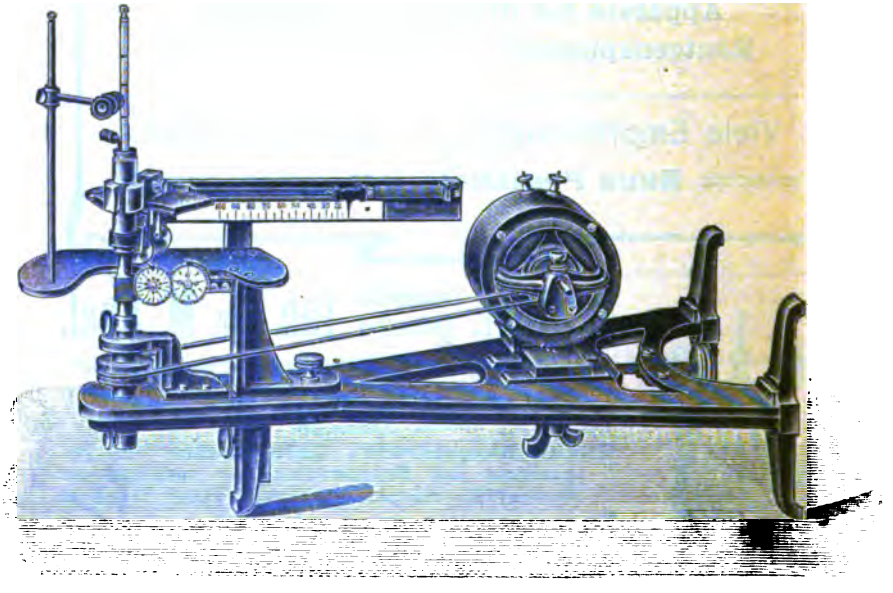
Inhaber: Dr. Hugo Krüss. HAMBURG.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 11*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — für reine Physik

Richard Assmann — für kosmische Physik

Inhalt.

1. **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.** (Fehlen.) — 2. **Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.** I. Allgemeine Physik. S. 177. — II. Akustik. S. 179. — III. Physikalische Chemie. S. 180. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 182. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 185. — VI. Wärme. S. 186. — VII. Kosmische Physik. S. 187.

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — *Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark.* — *Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten*

Ankündigung.

Den Abonnenten der **„Fortschritte der Physik"** *können wir die erfreuliche Mitteilung machen, dafs nach langen Vorbereitungen im Anschluſs an das im Jahre 1897 im Verlage von Georg Reimer in Berlin erschienene* **General-Register** *zu den* **„Fortschritten der Physik"**, *Band XXI (1865) bis XLIII (1887), das in Anlage und Ausführung übereinstimmend mit diesem Registerbande bearbeitete*

Namen-Register nebst Sach-Ergänzungsregister zu den „Fortschritten der Physik", *Band XLIV (1888) bis LIII (1897), unter Mitwirkung von Dr. E. Schwalbe bearbeitet von Dr. G. Schwalbe,*

zur Ausgabe gelangt ist.

Nach einer Einleitung, welche dazu dient, den Gebrauch des Werkes zu erleichtern, wird eine Übersicht über den Umfang der Bände, sowie über die Redakteure und Referenten, welche während der Jahre 1888 bis 1897 tätig waren, gegeben. Der Hauptteil selbst zerfällt in zwei Teile: Das **Namenregister**, *in welchem sämtliche in den zehn Jahrgängen der „Fortschritte" erwähnten nicht anonymen Titel in alphabetischer Reihenfolge der Autorennamen sich vorfinden, und das* **Sach-Ergänzungsregister**, *in welchem die anonymen Titel in sachlicher Weise geordnet sind. Wie aus der Einleitung sich ergibt, ist durch umfassende Vergleiche für die Richtigkeit der einzelnen Titel nach Möglichkeit gesorgt worden. Ebenso ist dem Bedürfnis nach Vollständigkeit in weitestem Maſse Rechnung getragen.*

Für alle, welche auf den Gebrauch der „Fortschritte" in ihren wissenschaftlichen Untersuchungen angewiesen sind, dürfte das vorliegende Register zu einem wichtigen, wenn nicht unentbehrlichen Nachschlagewerk werden. Auch für Bibliotheken, welche die **„Fortschritte der Physik"** *halten, erscheint dasselbe als notwendige Ergänzung zu denselben.*

Der Preis des stattlichen Bandes beträgt M. 60.—, worauf den Mitgliedern der Deutschen Physikalischen Gesellschaft die bekannte Ermäfsigung gewährt wird.

Die Verlagsbuchhandlung Friedr. Vieweg & Sohn
in Braunschweig.

Jahrg. 2 *Heft 12*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik
Richard Assmann für kosmische Physik

Inhalt.

1. **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.** Bericht über die Sitzung vom 3. Juni 1904. S. 191. — Bericht über die Sitzung vom 17. Juni 1904. S. 192. — R. Börnstein, Über den täglichen Gang des Luftdruckes in Berlin. (Vorgetragen in der Sitzung vom 17. Juni 1904.) S. 193. — **2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.** I. Allgemeine Physik. S. 195. — II. Akustik. S. 198. — III. Physikalische Chemie. S. 198. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 201. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 205. — VI. Wärme. S. 207. — VII. Kosmische Physik. S. 210.

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn
1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Ankündigung.

Den Abonnenten der **„Fortschritte der Physik“** *können wir die erfreuliche Mitteilung machen, dafs nach langen Vorbereitungen im Anschlufs an das im Jahre 1897 im Verlage von Georg Reimer in Berlin erschienene* **General-Register zu den „Fortschritten der Physik“**, *Band XXI (1865) bis XLIII (1887), das in Anlage und Ausführung übereinstimmend mit diesem Registerbande bearbeitete*

Namen-Register nebst Sach-Ergänzungsregister zu den „Fortschritten der Physik“, *Band XLIV (1888) bis LIII (1897), unter Mitwirkung von Dr. E. Schwalbe bearbeitet von Dr. G. Schwalbe,*

zur Ausgabe gelangt ist.

Nach einer Einleitung, welche dazu dient, den Gebrauch des Werkes zu erleichtern, wird eine Übersicht über den Umfang der Bände, sowie über die Redakteure und Referenten, welche während der Jahre 1888 bis 1897 tätig waren, gegeben. Der Hauptteil selbst zerfällt in zwei Teile: Das **Namenregister**, *in welchem sämtliche in den zehn Jahrgängen der „Fortschritte“ erwähnten nicht anonymen Titel in alphabetischer Reihenfolge der Autorennamen sich vorfinden, und das* **Sach-Ergänzungsregister**, *in welchem die anonymen Titel in sachlicher Weise geordnet sind. Wie aus der Einleitung sich ergibt, ist durch umfassende Vergleiche für die Richtigkeit der einzelnen Titel nach Möglichkeit gesorgt worden. Ebenso ist dem Bedürfnis nach Vollständigkeit in weitestem Mafse Rechnung getragen.*

Für alle, welche auf den Gebrauch der „Fortschritte“ in ihren wissenschaftlichen Untersuchungen angewiesen sind, dürfte das vorliegende Register zu einem wichtigen, wenn nicht unentbehrlichen Nachschlagewerk werden. Auch für Bibliotheken, welche die **„Fortschritte der Physik“** *halten, erscheint dasselbe als notwendige Ergänzung zu denselben.*

Der Preis des stattlichen Bandes beträgt M. 60.—, worauf den Mitgliedern der Deutschen Physikalischen Gesellschaft die bekannte Ermäfsigung gewährt wird.

Die Verlagsbuchhandlung Friedr. Vieweg & Sohn
in Braunschweig.

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 30. Juni 1904. Nr. 11/12.

Sitzung vom 3. Juni 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG.

Es trug vor Hr. **H. Rubens:**

Über die BLONDLOTschen N-Strahlen.

Nach gemeinsam mit Hrn. O. LUMMER ausgeführten Versuchen.

Ferner demonstrierte Hr. **H. Kreusler** einen

Projektionsschirm nach UMOW

(vgl. diese Verh. S. 184).

Als Mitglied wurde in die Gesellschaft aufgenommen:
Die Firma CARL ZEISS in Jena.
(Vorgeschlagen durch Hrn. M. PLANCK.)

Sitzung vom 17. Juni 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG.

Es sprach Hr. **R. Börnstein:**
Über den täglichen Gang des Luftdruckes in Berlin.

Ferner berichtete Hr. **E. Warburg:**
Über die Ursache des Voltaeffektes
(nach Versuchen von Hrn. H. GREINACHER).

Über den täglichen Gang des Luftdruckes in Berlin[1]*;* *von R. Börnstein.*

(Vorgetragen in der Sitzung vom 17. Juni 1904.)

(Vgl. S. 192.)

Der Verfasser benutzte für seine Studien zwanzigjährige (1884 bis 1903) Aufzeichnungen des Luftdruckes, welche durch den in der Berliner landwirtschaftlichen Hochschule befindlichen Laufgewichtsbarographen (System SPRUNG-FUESS) geliefert wurden, und leitete daraus den durchschnittlichen täglichen Gang, ausgedrückt durch Stundenwerte für jeden der zwölf Monate sowie für das Jahr, her. Es zeigten sich die schon bekannten zwei täglichen Schwankungen verschiedener Größe, im Jahresmittel treten die Maxima um 10^a und 11^p, die Minima um 5^p und 4^a ein, wobei die zuerst genannten Zeiten den Hauptextremen zukommen. Mit Eintritt der warmen Jahreszeit entfernen die Extreme sich von der Mittagszeit, um für die kältere Jahreshälfte von beiden Seiten wieder gegen Mittag hinzurücken. In den Monaten November bis Februar ist auch das von RYKATSCHEW entdeckte dritte Maximum in den ersten Morgenstunden erkennbar.

An diese tatsächlichen Beobachtungsergebnisse schließt sich die Darstellung des täglichen Barometerganges durch eine harmonische Reihe von der bekannten Form, welche bis zum Vierfachen des variablen Winkels berechnet wird.

Diese Darstellungsweise hat namentlich in den Arbeiten von HANN zu der Erkenntnis geführt, daß die ganztägige Schwankung des Druckes mit dem täglichen Temperaturgang und seinen örtlichen Besonderheiten in sehr naher Beziehung steht, während die halbtägige Schwankung von örtlichen Einflüssen unabhängig und nicht viel stärker als jene auftritt. Man versuchte demnach, die beiden ersten Glieder der Reihe, welche bisher vorzugs-

[1]) Der K. Akademie der Wissenschaften in Wien durch Herrn J. HANN am 13. Mai d. J. vorgelegt.

weise untersucht wurden, verschiedenen physikalischen Ursachen und insbesondere das zweite Glied, also die Doppelschwankung, einem außerirdischen Vorgange zuzuschreiben. Während LAMONT demgemäß an eine elektrische Einwirkung der Sonne dachte, suchte HANN den Ursprung der täglichen Doppelschwankung in der Erwärmung der oberen Luftschichten. Neuerdings hat nun MARGULES in Durchführung einer von Lord KELVIN gegebenen Andeutung gezeigt, daß die als Ganzes betrachtete irdische Atmosphäre freie Schwingungsbewegungen ausführen kann, deren eine mit Berücksichtigung der Erddrehung und der Luftreibung sehr nahe innerhalb zwölfstündiger Perioden verläuft, und daß also irgend eine in 12stündigen Intervallen regelmäßig wiederkehrende Gleichgewichtsstörung imstande ist, Schwingungen der genannten Periode von größerer Stärke hervorzurufen, als solche in anderen (z. B. 24stündigen) Intervallen. Um die Anwendbarkeit dieser Überlegung auf die Berliner Luftdruckzahlen zu prüfen, wurden Temperaturbeobachtungen, die in achtjähriger (1890 bis 1897) Reihe an gleicher Stelle gewonnen waren, in derselben Art bearbeitet und zur Herleitung der harmonischen Konstituenten des täglichen Temperaturganges benutzt. Dabei zeigt die Amplitude a_1 ganz ähnlichen Jahreslauf für Temperatur wie für Druck. Die Amplitude a_2 der halbtägigen Schwankung ist für Temperatur erheblich kleiner als a_1, hat aber den gleichen Jahreslauf für Temperatur wie für Druck, nämlich Maxima zur Zeit der Nachtgleichen und das Hauptminimum im Winter.

Wenn hiernach vermutet werden darf, daß auch die halbtägige Schwankung mit dem Temperaturgang in naher Beziehung steht, so würde diese Auffassung gestatten, die harmonische Reihe als den mathematischen Ausdruck einer einzigen physikalischen Beziehung anzusehen, nämlich der Abhängigkeit des Luftdrucks von der örtlichen Temperatur. Ob aber eine solche Meinung zulässig ist, muß durch Untersuchung der entsprechenden Verhältnisse anderer Orte geprüft werden.

Meiser & Mertig, Dresden-N. 6.

Werkstätten für Präzisionsmechanik.

Physikalische Apparate

jeder Art in praktischer, solider u. eleganter Ausführung.

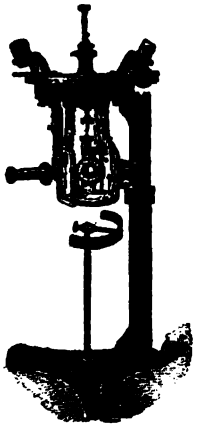
Funkeninduktoren. * Hochspannungsapparate.

Apparate für drahtlose Telegraphie.

Röntgenapparate. * Chemische Geräte.

Viele Empfehlungen und Anerkennungen.

Neue Preisliste kostenlos.



W. Apel, Universitäts-Mechaniker, Inh. Dr. M. Apel.

Geschäftsgründung 1808. **Göttingen.** Geschäftsgründung 1808.

Chemische und physikalische Apparate.

Specialität:

Rauchgasapparate, Calorimeter zur Bestimmung des **Brennwertes** der verschiedenen **Brennstoffe** und von **Gasen**, nach Ferd. Fischer.

Thermometer nach Ferd. Fischer. (Taschenbuch für Feuerungstechniker.)

Apparat zur Bestimmung d. Dielektricitätsconstanten nach Nernst. (Zeitschr. f. physik. Chemie. XIV, 4.)

Totalreflectometer nach Kohlrausch.

Demonstrationsapparate nach Behrendsen und Grimsehl.

Krystallmodelle aus Holz und Glastafeln nach Klein, Naumann und Rose.

Milchprüfungshestecke nach Tollens.

Photometer

Spektral-Apparate

Projektions-Apparate

Glas-Photogramme

Physik. Apparate n. Prof. Grimsehl

Optisches Institut von A. Krüss

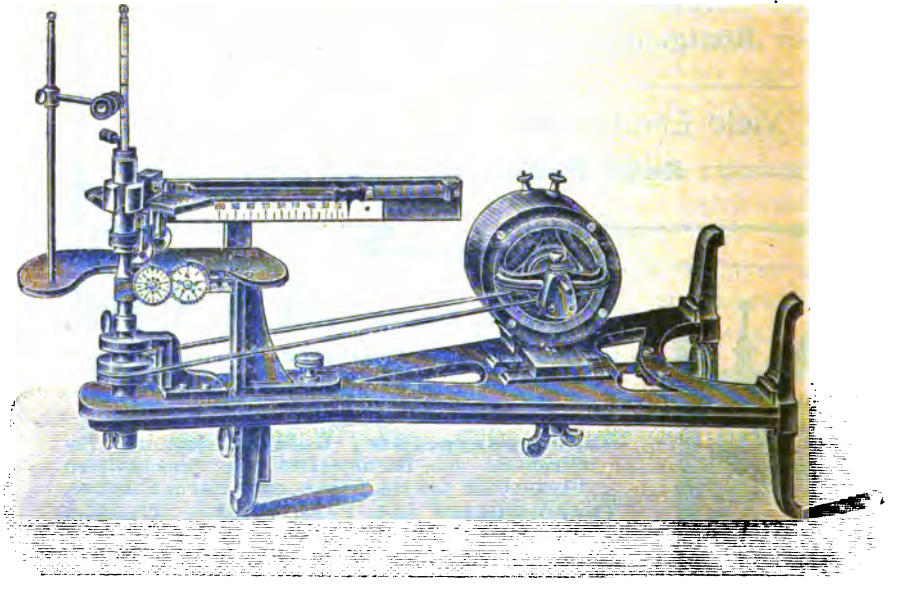
Inhaber: Dr. Hugo Krüss. HAMBURG.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

Max Kohl ❀ Chemnitz i. S.

Werkstätten für Präzisions-Mechanik

liefert als Spezialität:

Komplette Einrichtungen f. physikalische und chemische Laboratorien.

Physikalische und chemische Apparate und Gerätschaften.

Elektrotechnische Abteilung.

Notiz: Außer den in meinem Etablissement vorhandenen modern eingerichteten **Mechaniker-Werkstätten** habe ich auch eigene **Dampftischlerei, Holz-, Metall- und Fein-Lackiererei, Klempnerei, Schlosserei, 2 Präzisions-Teilmaschinen etc.** in meiner Fabrik und bin deshalb in der Lage, alle vorkommenden Arbeiten durch mein eigenes Personal ausführen zu lassen. Meine Herren Abnehmer haben dadurch Gewähr, zu mäßigen Preisen solid ausgeführte Apparate zu erhalten, bei deren Konstruktion stets die neuesten auf dem Gebiete der Wissenschaft gemachten Fortschritte Berücksichtigung fanden! 230 Arbeiter, 20 Beamte, 6600 □m Arbeitsfläche, ca. 120 Arbeitsmaschinen.

Einrichtungen kompl. Röntgenkabinette mit Funkeninduktoren aller Größen und für jede Betriebsart. (Die Kohl'schen Funkeninduktoren werden allseitig als die preiswertesten und leistungsfähigsten anerkannt.)

Neu! Spinthariskope, mit Fluoreszenz-Schirm und einer kleinen Menge Radium auf beweglichem Zeiger, um die außerordentlichen radioaktiven Eigenschaften des Radiums zu zeigen. Preis Mk. 24.—.

Preislisten mit ausführlichen Beschreibungen, Referenzen etc. kostenfrei.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Lehrbuch der Physik

von **Andrew Gray,**

Professor der Physik an der Universität Glasgow.

Autorisierte deutsche Ausgabe von

Dr. Felix Auerbach,

Professor an der Universität Jena.

Erster Band. **Allgemeine und spezielle Mechanik.** Mit 400 eingedruckten Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 20 *M.*, geb. 21 *M.*

Apparate

für

Seilwellenversuche nach Wilh. Volkmann

Assistent für Physik an der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin

Alleinige Fabrikanten:

Georg Beck & Co., Berlin-Rummelsburg.

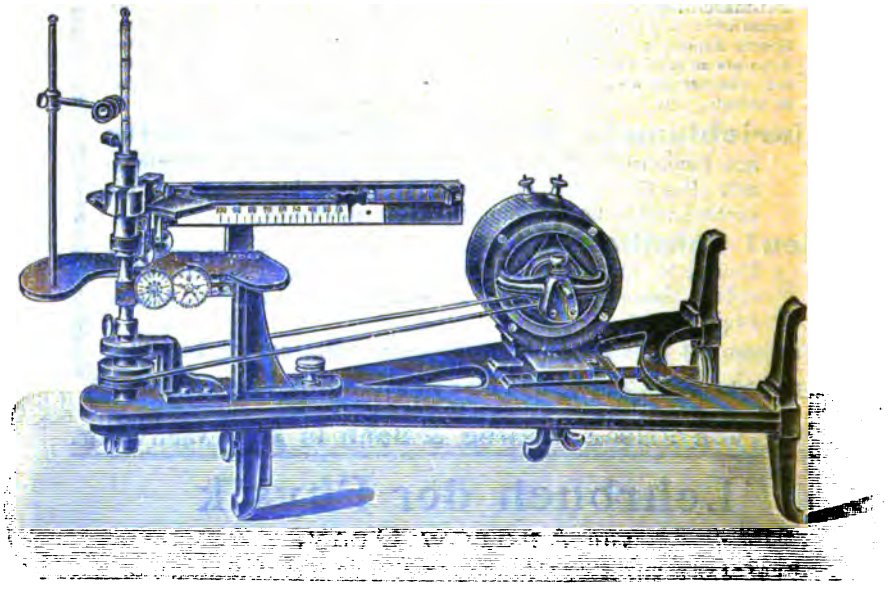
Spezialfabrik für wissenschaftliche Instrumente.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 13*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik

Richard Assmann für kosmische Physik

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Bericht über die Sitzung vom 1. Juli 1904. S. 195. — H. Kreusler, Über eine im Sonnenspektrum beobachtete Umkehr der D_2-Linie. (Vorgetragen in der Sitzung vom 1. Juli 1904.) S. 197. — E. Martiny, Wirkung magnetischer Querkräfte auf einen Gleichstromlichtbogen mit geradliniger Strombahn. (Vorgelegt in der Sitzung vom 1. Juli 1904.) S. 199. — Berichtigung. S. 208. — **2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.** I. Allgemeine Physik. S. 217. — II. Akustik. S. 219. — III. Physikalische Chemie. S. 220. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 223. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 228. — VI. Wärme. S. 230. — VII. Kosmische Physik. S. 231.

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Soeben erschienen:

Dr. J. Fricks
Physikalische Technik

oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Selbstherstellung einfacher Demonstrationsapparate.

Siebente vollkommen umgearbeitete u. stark vermehrte Auflage

von

Dr. Otto Lehmann,

Professor der Physik an der technischen Hochschule in Karlsruhe.

In zwei Bänden.

Erster Band. Erste Abteilung.

Mit 2003 Abbildungen und einem Bildnis des Verfassers. gr. 8.

Preis geh. M. 16.—, geb. M. 18.—.

Der physikalische Unterricht stellt an das technische Können des Experimentators sehr erhebliche Anforderungen. Während nun aber der Ingenieur in seiner Studienzeit eingehende Belehrung über alle Einzelheiten des von ihm gewählten Berufes empfängt, ist die Ausbildung des Physikers, abgesehen von der Ausführung von Laboratoriumsversuchen in kleinstem Maßstabe, eine rein theoretische, technisch unzulängliche. Die Technik der Experimentalvorträge, namentlich bei größeren Zuhörerzahlen, ist eine wesentlich andere als die der Laboratoriumsversuche und häufig nicht nur ähnlich der Tätigkeit des Ingenieurs, sondern sogar noch schwieriger, da es sich nicht um Aufstellung und Inbetriebsetzung fertig durchgebildeter, allen Anforderungen an Betriebssicherheit entsprechender Maschinen handelt, sondern um sehr unvollkommene, zuweilen in ihrer Handhabung geradezu gefährliche Versuchsapparate. Zum Teil beruhen diese Schwierigkeiten in der Natur der Sache, in dem raschen Fortschritt der Wissenschaft, zum Teil aber in jenem althergebrachten Vorurteil, welches dem Physiker, weil er Philosoph nicht Techniker ist, zumutet, mit vorgeschriebenen, meist absolut unzulänglichen Mitteln zu arbeiten, während der Ingenieur in der Lage ist, eine Kostenberechnung aufzustellen, wie sie den jeweiligen tatsächlichen Verhältnissen entspricht.

Im Hinblick auf diese Schwierigkeiten will das Buch dem Lehrer der Physik eine gewisse Erleichterung bieten einesteils durch Darlegung der erforderlichen technischen Einrichtungen und Werkzeuge, sowie ihrer Anwendung, anderenteils durch Zusammenstellung der meist gebräuchlichen physikalischen Apparate nebst Angabe ihrer Bezugsquellen und Preise. Auch dem Fabrikanten von Apparaten sucht es nützlich zu sein, insofern es auf Bedürfnisse des Unterrichts hinweist, welchen die vorhandenen Konstruktionsformen noch nicht genügen, um so zu weiterer Ausgestaltung derselben und Ausarbeitung neuer Formen Anregung zu geben.

Auf solche Weise zur Förderung des physikalischen Unterrichts beizutragen war bereits das Streben von *Joseph Frick*, dessen Bildnis den ersten Band schmückt. Der Herausgeber war bemüht, das Werk in gleichem Sinne weiter zu führen.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 15. Juli 1904. Nr. 13.

Sitzung vom 1. Juli 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG.

Der Vorsitzende macht Mitteilung von dem erfolgten Ableben des Mitgliedes der Gesellschaft

Prof. Dr. W. v. Zahn in Leipzig.

Die Anwesenden erheben sich zu Ehren des Verstorbenen von ihren Sitzen.

Sodann trägt vor Hr. **H. Kreusler:**

Über eine im Sonnenspektrum beobachtete Umkehr der D_3-Linie.

Weiter demonstriert Hr. **H. Starke:**

Einige Versuche mit Gasionen.

Sodann macht Hr. **E. Warburg** eine

Bemerkung über die Spitzenentladung.

Ferner trägt vor Hr. **F. F. Martens:**

Über den Einfluß der Temperatur auf die Dispersion von Flußspat,

und

Über den Einfluß der Temperatur auf die Dispersion von geschmolzenem Quarz,

die erstere Mitteilung nach gemeinsam mit Hrn. J. MICHELI angestellten Versuchen.

Sodann legt Hr. **H. Starke** eine Mitteilung vor von Hrn. **L. Austin:**

Beobachtungen über die magnetische Längenänderung der HEUSLERschen Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen

---

Endlich legt Hr. **W. Biegon von Czudnochowski** eine Mitteilung von Hr. **E. Martiny** vor, betitelt:

Wirkung magnetischer Querkräfte auf einen Gleichstromlichtbogen mit geradliniger Strombahn.

Über eine im Sonnenspektrum beobachtete Umkehr der D_3-Linie;

von H. Kreusler.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 1. Juli 1904.)

(Vgl. oben S. 195).

Die dem Helium angehörige, gewöhnlich als D_3 bezeichnete Linie zeigt sich stets hell im Spektrum der Chromosphäre und der Protuberanzen, sowie zuweilen in den Lichtbrücken der Sonnenflecke. Sie ist leicht wahrzunehmen, wenn man auf die Spaltebene eines stark zerstreuenden Spektroskops ein Sonnenbild entwirft. Tangiert der Spalt das Sonnenbild, so sieht man D_3 je nach der Größe des letzteren als mehr oder weniger lange helle Linie; stellt man den Spalt radial, so erscheint sie als kurze, spitze Hervorragung aus dem kontinuierlichen Spektrum, wenn der Spalt nicht gerade auf eine ausgedehnte Protuberanz trifft. In letzterem Falle korrespondiert ihre Länge mit der Höhe der Protuberanz an der betreffenden Stelle.

Eine dunkle Linie vom Charakter einer gewöhnlichen Fraunhoferschen am Orte der hellen D_3-Linie existiert nicht.

Ricco[1]), Belopolski[2]) und Woods[3]) sahen allerdings an der Basis von Protuberanzen innerhalb der hellen D_3 eine sehr feine dunkle Linie, die aber wahrscheinlich nicht auf einer Umkehr beruht, sondern darauf zurückzuführen ist, daß die gelbe Heliumlinie in Wahrheit doppelt ist[4]).

Indessen hat Young schon am 22. September 1870 in der Penumbra eines Flecks D_3 als grauen Schatten beobachtet. Letztere Erscheinung, eine unzweifelhafte Umkehrung der D_3-Linie ist selten; über spätere Beobachtungen ähnlicher Art habe ich in der Literatur keine Angaben finden können.

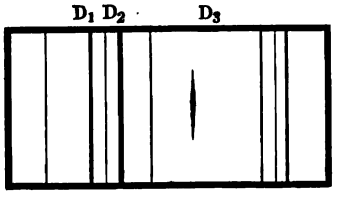
---

[1]) C. R. **102**, 851, 1886.
[2]) Memorie d. Soc. d. Spettroscopisti 22, 1894.
[3]) Astronomy and Astrophysics 13, 159.
[4]) Astrophys. Journ. 2, 236, 1895.

Am 12. Juni 1904 zwischen 12 und 2 Uhr beobachtete ich im Physikalischen Institut zu Berlin die Sonne an einem 6zölligen Reflektor mit einem Spektroskop, dessen Dispersion der von neun Schwefelkohlenstoffprismen von 60° gleichkommt. Der Durchmesser des auf die Spaltebene projizierten Sonnenbildes betrug 8 bis 9 cm; das Fernrohr des Spektroskops hatte etwa achtfache Vergrößerung.

Zwischen dem Zentralmeridian und dem Westrand der Sonne befand sich eine Gruppe von vier kleinen, trapezartig angeordneten Flecken. In der nächsten Umgebung dieser Flecken waren die FRAUNHOFERschen Linien C und F unsichtbar, in den Flecken selber hell. Die beiden D-Linien zeigten in den Flecken außer der gewöhnlich beobachteten Verbreiterung keine Anomalien. (YOUNG sah bei der vorher erwähnten Gelegenheit die D-Linien in der Penumbra hell). Die Linie D_3 war in den Flecken selbst nicht zu sehen, dagegen zeigte sie sich in der Umgebung, wo C und F unsichtbar waren, als dunkles, etwas verwaschenes, an beiden Enden spitz auslaufendes Band, und zwar nicht schwarz, sondern mattgrau.

Fig. 1.



Die Erscheinung war sehr augenfällig; Herr Dr. STARKE, der zufällig hinzukam, sah die dunkle Linie auf den ersten Blick. Leider wurde die Beobachtung durch Bewölkung vielfach unterbrochen, so daß eine genauere Okularbeobachtung der Flecke und ihrer Umgebung, besonders mit Rücksicht auf die Anwesenheit von Fackeln nicht angestellt werden konnte.

Am 13. Juni war D_3 noch dunkel zu sehen, allerdings viel weniger deutlich. Das Aussehen der Linien C und F war von ihrem gewöhnlichen Anblick nicht mehr verschieden. Fackeln von besonderer Helligkeit waren an diesem Tage in der Umgebung der Flecken nicht zu bemerken.

Wirkung magnetischer Querkräfte auf einen Gleichstromlichtbogen mit geradliniger Strombahn[1]*;*

von E. Martiny.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 1. Juli 1904.)

(Vgl. oben S. 196.)

Untersuchungen über die Formänderungen im sprechenden Flammenbogen veranlaßten dazu, auf das Verhalten des Lichtbogens unter dem Einfluß magnetischer Kräfte zurückzugreifen. Die bisherige praktische und theoretische Behandlung dieser Frage durch ARAGO[2]), DAVY[3]), WALKER[4]), DANIELL[5]), CASSELMANN[6]), DE LA RIVE[7]), QUET[8]), PLÜCKER[9]) und HOUSTON[10]) gibt wohl über die Art jener Beeinflussung, nicht aber über die Abhängigkeit ihrer Größe von derjenigen der magnetischen Kräfte Auf-

[1]) Die Arbeit ist auf Veranlassung des Herrn Prof. WACHSMUTH in dem physikalischen Institut zu Rostock ausgeführt. Die magnetischen Querkräfte sollen noch weiterhin behandelt werden.

[2]) ARAGO, Expériences relatives á l'aimantation du fer . . . Annales de Chimie et de Physique **15**, 101, 1820.

[3]) DAVY, Further researches on the magnetic phaenomena produced by electricity. Philos. Transact. Royal Soc. London, 1821, S. 527. — On the magnetic phaenomena produced by Electricity. Philos. Transact. Royal Soc. London, 1821, S. 18, Anmerkung.

[4]) WALKER, Pogg. Ann. **54**, 514, 1841. — Vgl. Transact. London Electr. Society from 1837 to 1840.

[5]) DANIELL, Wirkungen einer großen konstanten Batterie. Pogg. Ann. **60**, 386, 1842.

[6]) CASSELMANN, Über einige im Kreise der Kohlenzinkkette beobachtete Lichterscheinungen. Pogg. Ann. **63**, 588, 1844.

[7]) DE LA RIVE, Quelques recherches sur l'Arc Voltaïque . . . Philos. Transact. 1847, S. 37. — Vgl. Pogg. Ann. **76**, 280, 1847.

[8]) QUET, Note relative à l'action des électro-aimants sur l'arc voltaïque. C. R. **34**, 805, 1852.

[9]) PLÜCKER, Über einen neuen Gesichtspunkt, die Einwirkung des Magneten auf den elektrischen Strom betreffend. Pogg. Ann. **104**, 622 ff., 1858.

[10]) EDWIN J. HOUSTON, On the Extinguishing of the Electric Light by the Approach of a Magnet. Journal of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania (3) **63**, 299 ff., 1872. — Vgl. Dinglers Polytechn. Journ. **204**, 457 ff., 1872.

schluß. Im Folgenden seien die Ergebnisse der ersten abgeschlossenen Stufe von Versuchen über diesen letzteren Punkt mitgeteilt, welche sich mit dem einfachsten Fall der Einwirkung magnetischer Kräfte auf den Lichtbogen zwischen senkrecht übereinanderstehenden Kohlen beschäftigt. Versuchsanordnung und Meßverfahren wurden, zum Teil mit Rücksicht auf die obwaltenden äußeren Verhältnisse, folgendermaßen gewählt:

Als Lampe diente ein Handregulator, bei welchem der untere Kohlenhalter fest war, der obere durch einen Zahnstangentrieb mit einem Spielraum von 60 mm auf- und abbewegt werden konnte; außerdem waren die beiden wagerechten Arme, welche die Kohlenhalter trugen, in ihrer Höhe und der Entfernung voneinander verstellbar. Die Kohlenhalter selbst erlaubten durch Schrauben die Kohlen so festzuhalten, daß ihre freien Enden immer nahezu die gleiche Länge hatten. Daher brauchten für die Messung der Spannung an den Elektroden nicht besondere Stromzuführungen und Kontakte durch Spitzen oder Bürsten vorgesehen zu werden, sondern die Spannungsleitung konnte durch die Kohlenhalter ebenfalls angeschlossen werden.

Lampenstromstärke und -spannung wurden durch Präzisionsmilliampere- und Voltmeter gemessen.

Die Lampe wurde auf einem schweren Tisch auf einem besonders kräftigen Unterbau aufgestellt und zum Schutze gegen Luftströmungen mit einem ringsherum dicht anschließenden, nur oben offenen, rechtwinkelig-parallelepipedischen Kasten aus Pappe mit Holzversteifung von 45 cm Breite und 72 cm Höhe umgeben. In eine Längs- und eine Querwand dieses Kastens waren in Höhe des Lichtpunktes zwei rechteckige Fenster von 16 cm Höhe und 6 cm Breite geschnitten und mit Glasplatten sorgfältig verschlossen, durch welche man den Lichtbogen in zwei zueinander senkrechten Richtungen betrachten konnte. Mittels einer achromatischen Linse von 12 cm Brennweite wurde auf einem 18 cm breiten, 40 cm hohen, mit Millimeterpapier bespannten Schirm ein etwa fünffach vergrößertes Bild sowohl des Lichtbogens wie der Enden der beiden Kohlen entworfen. Linse und Schirm konnten in beliebiger Höhe eingestellt werden und waren, in Gleitschlitzen verschiebbar, an einem wagerechten, 1,2 m langen Arm befestigt, welcher sich um einen in der Verlängerung der

Kohlenachse liegenden senkrechten Zapfen drehte, jedoch ruhte der Schirm nicht auf dem Arm, sondern wurde von einem besonderen Fuß getragen, welcher seinerseits den Arm noch unterstützte. Die geschilderte Anordnung machte es möglich, bei beschränkten Raumverhältnissen in raschester Aufeinanderfolge von dem Lichtbogen zwei um 90° gegeneinander verschobene Ansichten zu erhalten.

Zur Erzeugung des magnetischen Feldes diente eine auf Holz gewickelte Spule mit 465 Windungen von 9 cm äußerem, 2 cm innerem Durchmesser und 7,4 cm Länge; der Drahtquerschnitt ließ vorschriftsmäßig einen Strom bis zu 6 Amp. dauernd zu. Die Spule war in einem Gestell zwischen zwei langen senkrechten Führungsleisten an einer oben über eine Rolle geführten Schnur wagerecht so aufgehängt, daß sie in ihrer Höhe dem Orte des Lichtbogens entsprechend leicht eingestellt werden konnte. Die Achse der Spule lag senkrecht zur einen und parallel zur anderen der beiden Beobachtungsachsen und ging durch die Mitte des Lichtbogens, während durch einen Anschlag am Fuß des Gestells erreicht wurde, daß der Abstand der Spule von der Kohlenachse stets derselbe blieb.

An der Spule und der Lampe sowohl wie in deren Umgebung wurden alle Eisenteile, durch welche eine Veränderung im Kraftlinienverlauf hätte bewirkt werden können, vermieden, um eine Berechnung der Feldstärke aus der Stärke des Magnetisierungsstromes zu ermöglichen. Dieser letztere wurde von einer kleinen Sammlerbatterie mit 16 Volt Klemmenspannung geliefert, konnte durch einen Rheostaten reguliert, durch ein zweites, technisches Amperemeter gemessen und durch einen Umschalter kommutiert werden.

Sobald der Lichtbogen hergestellt war, wurde er durch Entfernen der Kohlen voneinander auf eine bestimmte Spannung E_l mit der dieser entsprechenden höchsten Stromstärke J eingestellt und unter beständigem Nachregulieren brennen gelassen. Nachdem die Kohlen einen Dauerzustand angenommen hatten, wurde auf dem Schirm für die eine Beobachtungsrichtung die scheinbare Länge l_1 des Lichtbogens und der scheinbare Durchmesser d_1 der Kohlen durch Abzählen auf dem Koordinatenpapier bestimmt und die gleiche Ermittelung in der um 90° gedrehten Stellung von

Linse und Schirm für l_2 und d_2 angestellt. Als Bogenlänge ist dabei nach dem Vorgang von Frau AYRTON[1]) stets der Abstand zwischen der Spitze der negativen und dem äußersten Rand der positiven Kohle (in der Projektion) angesehen worden.

Je sechs oder mehr derartiger Doppelmessungen, die nacheinander bei verschiedenen Spannungen zwischen 44,2 Volt und 151,0 Volt gemacht wurden, bildeten eine Versuchsreihe, und von solchen Versuchsreihen wurden, unter Anwendung immer anderer Kohlenarten und -zusammenstellungen, im ganzen zehn aufgenommen, welche drei, hinsichtlich der Kohlenart unterschiedene Gruppen bilden:

Gruppe	Reihe	Positive Elektrode	Durchmesser mm	Negative Elektrode	Durchmesser mm
A	I	homogen	8,2	homogen	8,2
	II	„	10,0	„	10,0
	III	„	12,1	„	12,1
	IV	„	12,1	„	8,2
B	V	gedochtet	5,0	gedochtet	5,0
	VI	„	13,0	„	13,0
	VII	„	13,0	„	5,0
C	VIII	„	13,0	homogen	12,1
	IX	„	13,0	„	8,2
	X	„	14,8	„	8,2

Zehn weitere Versuchsreihen, welche bei Stromstärken von 5,5 bis 8,0 Amp. aufgenommen wurden, dienten dazu, die Stärke des Lichtbogenkerns — scheinbare Größe s_1 in der einen, s_2 in der anderen Beobachtungsrichtung — festzustellen. Hierbei sei bemerkt, daß, obwohl sich das Verhalten eines jeden der beiden deutlich unterschiedenen Bestandteile, des bläulichen Kerns und der gelblich-grünen Hülle oder „Aureole", mit den elektrischen und mechanischen Größen ändert, dennoch nur der Kern eingehend beobachtet wurde, weil sich bei ihm allein eine dauernde Einstellung auf scharfe Umrisse bewirken ließ, wogegen die Hülle sich in fortwährender, unregelmäßig flackernder Bewegung befand.

Auch zwischen je zwei Doppelmessungen lag ein Zeitraum von einer halben Stunde oder mehr, um den Kohlen Zeit zu

[1]) H. AYRTON, The electric Arc. London 1902, S. 99.

lassen, sich unter Änderung ihrer Form den neuen Spannungs- und Strombedingungen anzupassen.

Nach diesen Vorversuchen wurde der Magnetisierungsstrom, welcher bereits vor der Erzeugung des Lichtbogens auf die niedrigste Stufe einreguliert war, eingeschaltet.

Unter der Wirkung des entstandenen Feldes ändert sich der Lichtbogen in dreierlei Weise: er erfährt eine seitliche Ausbiegung in einer zur Kraftrichtung senkrechten Ebene (wodurch er bei unverändertem Kohlenabstand an Bogenlänge gewinnt), zweitens nimmt der Kernquerschnitt eine längliche Form an und drittens steigt die Spannung an den Elektroden. Als seitliche Ausbiegung f_1 sei der Abstand des am weitesten abgelenkten Punktes der Kernachse von der Kohlenachse, als Zusammenziehung f_2 die Abnahme der Kerndicke in der Ebene senkrecht zur Richtung der Ausbiegung bezeichnet, wobei unter f_1 und f_2 die auf dem Koordinatenschirm gemessenen Größen verstanden sind. — Die Größe f_1 wurde als Mittelwert der Ablenkungen der beiden Kernränder ermittelt, die neue Lichtbogenspannung E_l wurde durch das Voltmeter angezeigt. Die Größen l und E_l wurden noch einmal gemessen und so einer Nachprüfung unterworfen, die Größe d als Vergleichsmaß wurde jedesmal bestimmt. Diese im ganzen acht Messungen wurden — immer unter Einschaltung eines längeren Zeitraumes für die Formung der Kohlenenden — für sieben verschiedene magnetische Feldstärken, für fünf verschiedene Spannungen und für die zehn verschiedenen Elektrodenarten angestellt.

Zur Berechnung der Feldstärke $\mathfrak{H}$, derjenigen Kraft, welche die Spule mit der Windungszahl n, der Länge l und dem mittleren Halbmesser r auf einen im Abstand a von ihrer vorderen Windungsfläche auf der Verlängerung der Spulenachse befindlichen Einheitspol ausübt, aus der Stärke i des Magnetisierungsstromes diente die Formel[1]):

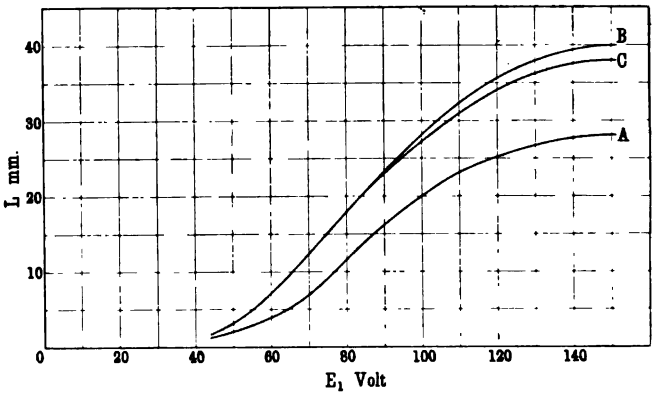
$$\mathfrak{H} = \frac{2\pi n i}{l}\left(\frac{a+l}{\sqrt{r^2+(a+l)^2}} - \frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}\right).$$

Unter der Voraussetzung konstanter Netzspannung $E = 220$ Volt und konstanten Zuleitungswiderstandes $W = 20$ Ohm ist der

[1]) Uppenborn, Kalender für Elektrotechniker. München 1904, Teil I, S. 49.

scheinbare Widerstand des Lichtbogens immer eine fest vorgelegte Größe, entspricht jeder Elektrodenspannung nur eine bestimmte Stromstärke. Die zu dieser gehörige Lichtbogenlänge wurde nach Maßgabe der Vergrößerung aus den gemessenen Werten und der bekannten Kohlendicke berechnet. Die für die einzelnen Versuchsreihen gefundenen Werte stimmen innerhalb jeder einzelnen Gruppe sehr gut überein, die Unterschiede der drei Gruppen A, B, C zeigt das Schaubild:

Fig. 1.



Auch die Veränderungen, welche mit dem Lichtbogen unter der Einwirkung des Kraftfeldes vor sich gehen, erhellen am deutlichsten aus der zeichnerischen Darstellung. Da für den Anstieg der Elektrodenspannung E_l nur der Spannungszuwachs ΔE_l in Betracht kommt, so ist nur dieser aufgezeichnet und zwar sind der Kürze halber überall die eigentlichen Lampenspannungen mit kleinen Buchstaben bezeichnet: a) $E_l = 64{,}0$, b) $E_l = 73{,}7$, c) $E_l = 83{,}5$, d) $E_l = 93{,}2$ und e) $E_l = 103{,}0$ Volt.

Aus der großen Fülle der gewonnenen Zahlenwerte seien hier diejenigen für die Funktionen $E_l = f(\mathfrak{P})$ und $\Delta E_l = f(\mathfrak{P})$ und nur für die Gruppe A, Versuchsreihe I, wiedergegeben, da sich für die übrigen neun Versuchsreihen ganz ähnliche Werte ergaben und die auftretenden Unterschiede nicht als irgendwelcher durch die Kohlenart bedingten Gesetzmäßigkeit folgend betrachtet werden konnten. Das gleiche gilt für die weiterhin untersuchten Abhängigkeiten $F_1 = f(\mathfrak{P})$, $F_2 = f(\mathfrak{P})$, $L' = f(\mathfrak{P})$ und ΔL

$\mathfrak{H}$	E_1'					ΔE_1				
	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*
0,365	64,1	73,9	84,1	94,6	105,3	0,1	0,2	0,6	1,4	2,3
0,73	64,2	74,2	85,2	96,6	109,6	0,2	0,5	1,7	3,4	6,6
1,10	64,4	74,8	86,1	100,9	220,0	0,4	1,1	2,6	7,7	117,0
1,28	—	—	—	106,7	—	—	—	—	13,5	—
1,46	64,8	75,5	87,3	220,0	—	0,8	1,8	3,8	126,8	—
1,64	—	—	88,4	—	—	—	—	4,9	—	—
1,82	65,6	76,6	90,6	—	—	1,6	2,9	7,1	—	—
2,00	—	—	220,0	—	—	—	—	136,5	—	—
2,19	66,8	78,1	—	—	—	2,8	4,4	—	—	—
2,55	68,8	84,4	—	—	—	4,8	10,7	—	—	—
2,59	—	220,0	—	—	—	—	146,3	—	—	—

Fig. 2.

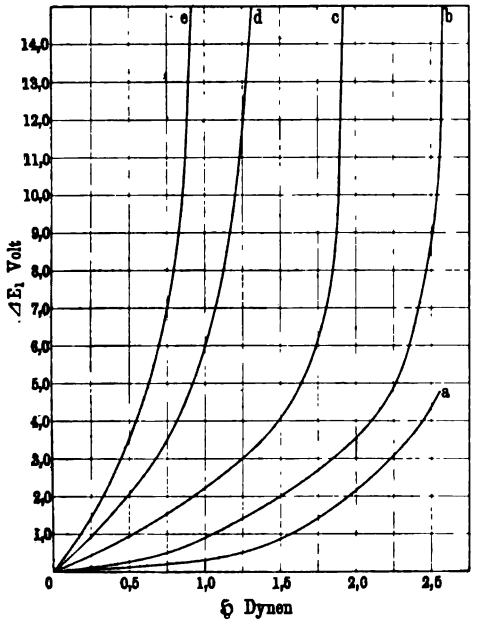
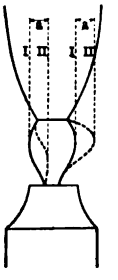


Fig. 3.



$= f(\mathfrak{H})$, für welche sich die Mitteilung der Zahlenwerte erübrigt. Zur Feststellung der Ausbiegung F_1 wurde so verfahren, daß von jedem der beiden Ränder, welche den Lichtbogenkern begrenzen, ermittelt wurde, um wieviel ihn an der äußersten Stelle das magnetische Feld nach der Seite trieb, und aus beiden Beträgen sollte dann der Mittelwert genommen werden. Die Messungen hatten indessen das

Fig. 4.

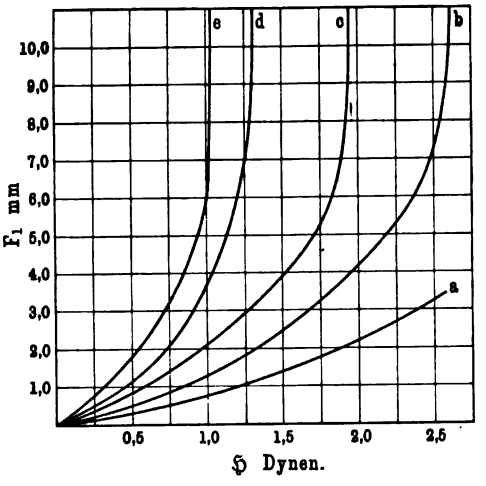


Fig. 5.

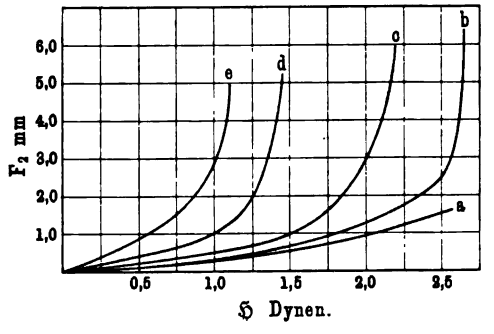
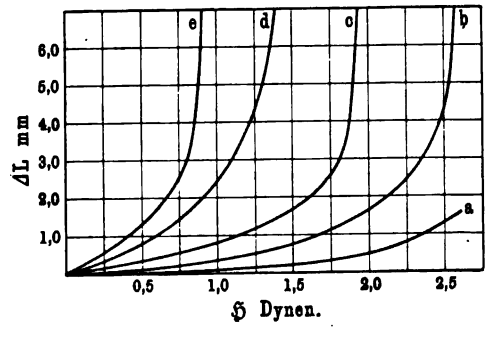


Fig. 6.



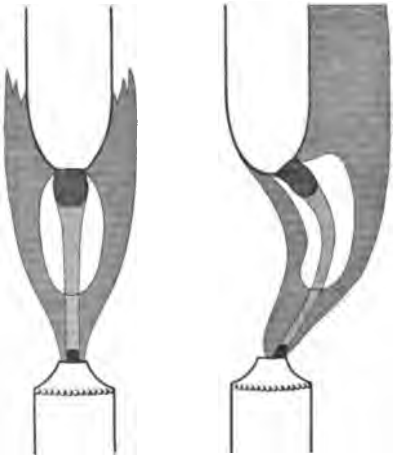
eigentümliche Ergebnis, daß, obwohl mit zunehmender Feldstärke der Kern in der zur Kraftrichtung senkrechten Ebene immer breiter wurde, dennoch die geometrischen Abstände der am weitesten abgelenkten Punkte des inneren und des äußeren Randes von ihren Ruhelagen stets angenähert gleich groß waren; es war wenigstens bei den gegebenen Genauigkeitsgrenzen nicht möglich, einen etwa zu beobachtenden Unterschied zwischen beiden zahlenmäßig zu bestimmen.

Damit fiel die Berechnung der Ausbiegung der Kernachse von selbst fort, und es stellen in den Kurven die mit F_1 bezeichneten Zahlenwerte dann ohne weiteres die einander gleichen Ablenkungen der Kernränder und der Kernachse dar. — Die Zusammenziehung F_2 des Lichtbogens, d. i. die Abnahme der Kernstärke, wurde wie die

Kernstärke selbst stets an der Stelle des größten Querschnitts ermittelt.

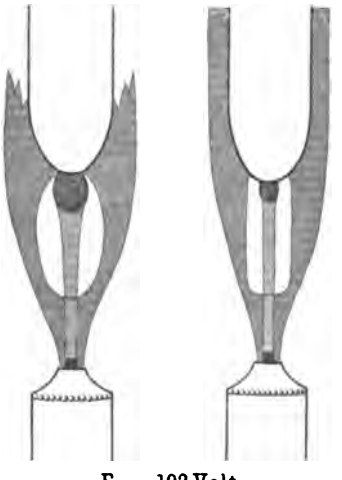
Die Länge des durch den Einfluß der magnetischen Kräfte gekrümmten Lichtbogens ließ sich nicht messen, aber da in den Vorversuchen zu jeder Bogenlänge L die Spannung E_l und zu jeder Feldstärke die gesteigerte Spannung E_l' gefunden war, so konnte man zu jeder gesteigerten Elektrodenspannung E_l' bei abgelenktem Bogen die entsprechende Länge L' dieses Bogens der passenden Kurve für $E_l = f(L)$ sofort entnehmen.

Fig. 7.



Bei Gelegenheit dieser Untersuchungen wurden auf dem Papierschirm eine Reihe von Lichtbogenbildern nachgezeichnet, von denen zwei besonders anschauliche hier Platz finden mögen. Sie stellen (rechts) den Lichtbogen unter der Einwirkung eines Feldes von $\mathfrak{H} = 1{,}10$, bei $E_l = 103$ Volt in den beiden zueinander senkrechten Ansichten dar; daneben (links) steht das Bild des unbeeinflußt brennenden Lichtbogens. Die Bilder sind natürlich wie Negative zu betrachten.

Fig. 8.



$E_1 = 103$ Volt

Die im Vorstehenden beschriebenen Versuche wurden im Physikalischen Institut der Universität Rostock ausgeführt und noch im Jahre 1903 zu einem ersten Abschluß gebracht. Vor der Anstellung der weiteren, für später vorbehaltenen Unter-

suchungen wird jedoch diese erste Stufe von Versuchen nach Maßgabe der dabei zutage getretenen Mängel einer — seinerzeit mit den gegebenen Mitteln nicht durchführbar gewesenen — Verbesserung zu unterziehen sein, hauptsächlich nach der Hinsicht, daß eine für Spannungen bis etwa 220 Volt eingerichtete selbstregulierende Lampe mit besonders langem Hub angewendet und in jeder der beiden Beobachtungsrichtungen je ein achromatisches Linsensystem von ziemlich großer Brennweite und je ein Koordinatenschirm ein für allemal so angebracht wird, daß die Vergrößerung gerade 10:1 beträgt; Schalter, Meßinstrumente und Regulierwiderstände sollen auf einem Schaltbrett in großem Abstand von der Lampe befestigt und mit dieser durch festverlegte Leitungen verbunden werden; die Lampe soll unter Verwendung vieler verschiedener Paare von Hauptstromspulen für jede Spannung und jede Stromstärke besonders einreguliert und die Stromquelle so gewählt werden, daß ihr bei einer Spannung von 220 Volt noch Stromstärken bis etwa 20 Amp. entnommen werden können.

Berichtigung.

In der Mitteilung des Herrn R. Börnstein in Heft 11/12 dieser Verhandlungen S. 193, Zeile 2 von unten ist zu lesen:

meist viel stärker statt nicht viel stärker.

Max Kohl ❀ Chemnitz i. S.

Werkstätten für Präzisions-Mechanik

liefert als Spezialität:

Komplette Einrichtungen f. physikalische und chemische Laboratorien.

Physikalische und chemische Apparate und Gerätschaften.

Elektrotechnische Abteilung.

Notiz: Außer den in meinem Etablissement vorhandenen modern eingerichteten **Mechaniker-Werkstätten** habe ich auch eigene **Dampftischlerei, Holz-, Metall- und Fein-Lackiererei, Klempnerei, Schlosserei, 2 Präzisions-Teilmaschinen etc.** in meiner Fabrik und bin deshalb in der Lage, alle vorkommenden Arbeiten durch mein eigenes Personal ausführen zu lassen. Meine Herren Abnehmer haben dadurch Gewähr, zu mäßigen Preisen solid ausgeführte Apparate zu erhalten, bei deren Konstruktion stets die neuesten auf dem Gebiete der Wissenschaft gemachten Fortschritte Berücksichtigung fanden! 230 Arbeiter, 30 Beamte, 6600 □m Arbeitsfläche, ca. 120 Arbeitsmaschinen.

Einrichtungen kompl. Röntgenkabinette mit Funkeninduktoren aller Größen und für jede Betriebsart. (Die Kohl'schen Funkeninduktoren werden allseitig als die preiswertesten und leistungsfähigsten anerkannt.)

Neu! Spintheriskope, mit Fluoreszenz-Schirm und einer kleinen Menge Radium auf beweglichem Zeiger, um die außerordentlichen radioaktiven Eigenschaften des Radiums zu zeigen. Preis Mk. 24.—.

Preislisten mit ausführlichen Beschreibungen, Referenzen etc. kostenfrei.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Lehrbuch der Physik

von **Andrew Gray,**

Professor der Physik an der Universität Glasgow.

Autorisierte deutsche Ausgabe von

Dr. Felix Auerbach,

Professor an der Universität Jena.

Erster Band. **Allgemeine und spezielle Mechanik.** Mit 400 eingedruckten Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 20 ℳ, geb. 21 ℳ.

Apparate

für

Seilwelleuversuche nach Wilh. Volkmann

Assistent für Physik an der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin

Alleinige Fabrikanten:

Georg Beck & Co., Berlin-Rummelsburg.

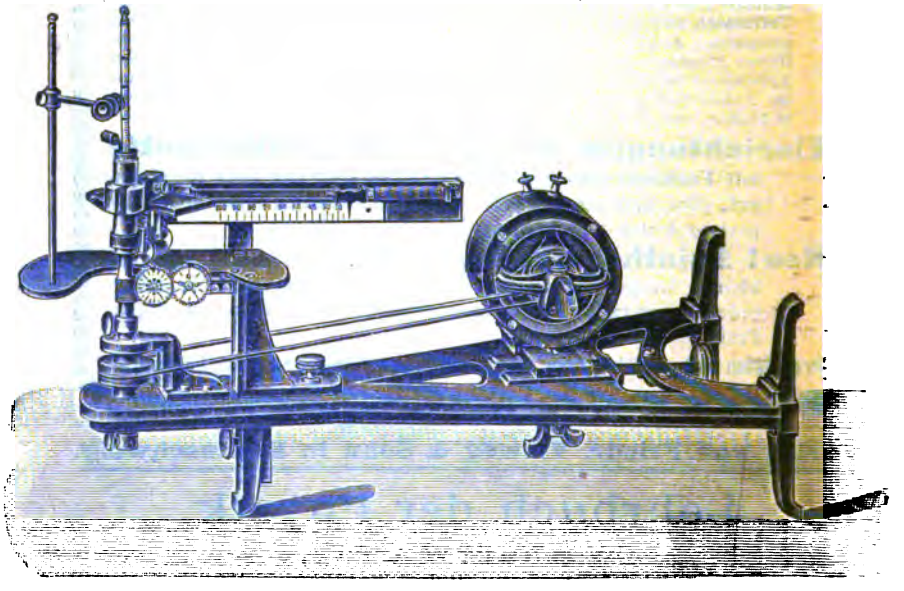
Spezialfabrik für wissenschaftliche Instrumente.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rhein

Mechanische und optische Werkstätten.

Neue Schwungmaschine mit Electromotor



zum Anschluss an eine Starkstromleitung.

Mit dem Apparat lassen sich sämtliche Versuche bequem anstellen. Die Abbildung zeigt die Centrifugalmaschine in Verbindung mit dem Apparat nach Slotte zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Preisliste über Neue Apparate und Versuche auf Verlangen.

☞ Diesem Hefte liegt für die Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft ein Exemplar der **Bibliotheksordnung** bei.

Jahrg. 2 *Heft 14*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

Inhalt.

1. **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.** E. Warburg, Bemerkung über die Spitzenentladung. (Vorgetragen in der Sitzung vom 1. Juli 1904.) S. 209. — L. Austin, Beobachtungen über magnetische Längenänderung der Heuslerschen Mangan-Aluminium - Kupfer - Legierungen. (Vorgelegt in der Sitzung vom 1. Juli 1904.) S. 211. — **2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.** I. Allgemeine Physik. S. 239. — II. Akustik. S. 241. — III. Physikalische Chemie. S. 241. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 246. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 251. — VI. Wärme. S. 253. — VII. Kosmische Physik. S. 255.

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Richard Müller-Uri, Braunschweig.

Neben der Technischen Hochschule.

Glastechnische Präzisions-Arbeiten. — Braun'sche Röhren, extragroß, mit Netzteilung. — „Compendium", Geißler-Röhrenserie. — Vakuumröhren nach Crookes, Goldstein, Lecher, Lenard, Puluj, Röntgen etc. — Original-Vakuum-Skala nach Chas. R. Cross. — Quecksilber-Bogenlampen nach Arons, Fabry-Perot, Gumlich. — Graduierte vierwandige Gefäße für flüssige Luft. — Stromdemonstrations-Apparat nach Möller und Schmidt. — Tesla-Apparate, modifiziert. — Mac Farlan-Moores-Vibrator-Apparat. — Elektroskope und luftelektrische Apparate nach Exner. — Trockensäulen. — Thermometer für Extrem-Temperaturen (+ 550° C bezw. — 200° C) — Projektions-Thermometer in flachen Mänteln. — Kanalstrahlen-Röhren etc. etc. — Neue Spektralröhren, D. R. G. M. — Präzisions-Vakuometer zur Quecksilber-Luftpumpe, neues Modell etc. etc.

Neue Apparate und Utensilien aus dem Gebiete der

Polarisation, Spektroskopie, Photometrie,

Projektion, Spiegelablesung,

sowie verschiedene **optische Spezialinstrumente** empfehlen

Franz Schmidt & Haensch,

Berlin S. 42, Prinzessinnenstr. 16.

Prospekte kostenfrei.

Apparate

für

Seilwellenversuche nach Wilh. Volkmann

Assistent für Physik an der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin

Alleinige Fabrikanten:

Georg Beck & Co., Berlin-Rummelsburg.

Spezialfabrik für wissenschaftliche Instrumente.

Photometer

Spektral-Apparate

Projektions-Apparate

Glas-Photogramme

Physik. Apparate n. Prof. Grimsehl

Optisches Institut von **A. Krüss**

Inhaber: **Dr. Hugo Krüss.** **HAMBURG.**

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

6. Jahrg. 30. Juli 1904. Nr. 14.

Bemerkung über die Spitzenentladung;

von E. Warburg.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 1. Juli 1904.)

Betrachtet man den bläulichen Stern an einer Spitze, aus welcher negative Elektrizität durch die freie Luft zu einer gegenüberstehenden Erdplatte entladen wird, unter dem Mikroskop, so bemerkt man, daß die Spitze von einer bläulichen Lichthaut (*a*) überzogen ist, und daß an diese zunächst ein dunkler Raum (*b*) und alsdann ein fächerförmig gegen die Erdelektrode hin breiter werdender rötlicher Lichtbüschel sich anschließt. Die Erscheinung entspricht ganz derjenigen, welche Herr J. STARK bei vermindertem Luftdruck gesehen und in diesen Verhandlungen abgebildet hat[1]), nur daß in dem hier beschriebenen Falle die Erdelektrode dunkel bleibt. Eine ähnliche Erscheinung hat bereits Herr O. LEHMANN unter dem Mikroskop bei der Entladung in freier Luft zwischen zwei Platindrähten gesehen und abgebildet[2]).

Bei meinem Versuch betrug die Entfernung zwischen Spitze und Platte 9 mm, die Stromstärke 2,2 bis 100.10^{-6} Amp. Nach Messungen, welche Herr EWELL bei 80facher Vergrößerung freund-

[1]) J. STARK, Diese Verhandlungen 4, 113, 1904.

[2]) O. LEHMANN, Die elektrischen Lichterscheinungen oder Entladungen usw. Halle a. S. 1898, S. 15. Taf. II, Fig. 1.

lichst ausgeführt hat, wächst der von der Lichthaut a bedeckte Teil des zugespitzten Drahtes mit wachsender Stromstärke, die Länge des dunkeln Raumes war auf 0,013, die Länge des Büschels auf 0,11, seine Breite auf 0,22 mm zu schätzen. Die Spitze war an einem $^1/_4$ mm dicken Platindraht gezogen.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die beschriebenen drei Partien a, b, c den drei Partien der Glimmentladung entsprechen, a dem negativen Glimmlicht, b dem FARADAYschen dunkeln Raum, c dem positiven Büschel, und daß der elektrische Vorgang in den drei Partien hier wie dort der gleiche ist. Die geringe Dicke des FARADAYschen dunkeln Raumes entspricht der bekannten, z. B. bei dem Versuch mit dem elektrischen Ei zu beobachtenden Tatsache, daß von Atmosphärendruck an mit abnehmendem Gasdruck der dunkle Raum sich mehr und mehr verlängert. Der Unterschied von der Glimmentladung besteht darin, daß der positive Büschel bei dieser sich bis zur Anode erstreckt, bei der geschilderten Spitzenentladung aber nur bis zu 0,1 mm Entfernung von der Spitze und dort in der Luft endigt.

Aus früheren Versuchen[1]) habe ich geschlossen, daß an einer negativen Spitze bei der Spitzenentladung derselbe Vorgang sich abspielt wie an einer Kathode bei der Glimmentladung, aber öfter[2]) die, wie sich jetzt herausstellt, irrige Ansicht geäußert, der leuchtende Stern an der negativen Spitze sei das auf einen sehr kleinen Raum zusammengeschrumpfte negative Glimmlicht der Glimmentladung, während dieser Stern bereits bei atmosphärischem Druck alle drei Teile der Glimmentladung enthält. Welcher Art die elektrische Leitung in dem großen dunkeln Raum zwischen dem Ende des winzigen positiven Büschels und der Erdelektrode ist, scheint mir eine noch offene Frage zu sein.

War die Spitze positiv, so konnte ich bei schwacher Stromstärke (bis zu 20.10^{-6} Amp.) nur eine die Spitze überziehende dünne Lichthaut bemerken, bei 26.10^{-6} Amp. fing ein feiner Büschel an sichtbar zu werden, welcher mit wachsender Stromstärke sich verlängerte und bei 43.10^{-6} Amp. die Erdplatte erreichte.

[1]) E. WARBURG, Ann. d. Phys. (4) 2, 298, 1900.
[2]) Z. B. diese Verhandlungen 4, 294, 1902.

Beobachtungen über die magnetische Längenänderung der Heuslerschen Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen;

von L. Austin.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 1. Juli 1904.)

Die merkwürdigen magnetischen Eigenschaften der von Fr. Heusler [1]) entdeckten Legierungen des Mangans, Kupfers und Aluminiums gaben Anlaß zu der Untersuchung, ob dies Material im magnetisierten Zustande in seinen Dimensionen ähnliche Veränderungen zeigen würde, wie die schon bekannten bei Eisen, Nickel und Kobalt.

Zu der Untersuchung diente der folgende Apparat: Eine Spule *a* (Fig. 1), 50 cm lang, mit 6138 Windungen von 0,8 mm Kupferdraht, war um ein doppelwandiges Messingrohr *b* von 1 cm innerem Durchmesser gewickelt, zwischen dessen Wänden Wasser zirkulierte, um die Wärme des elektrischen Stromes von dem Stabe abzuhalten.

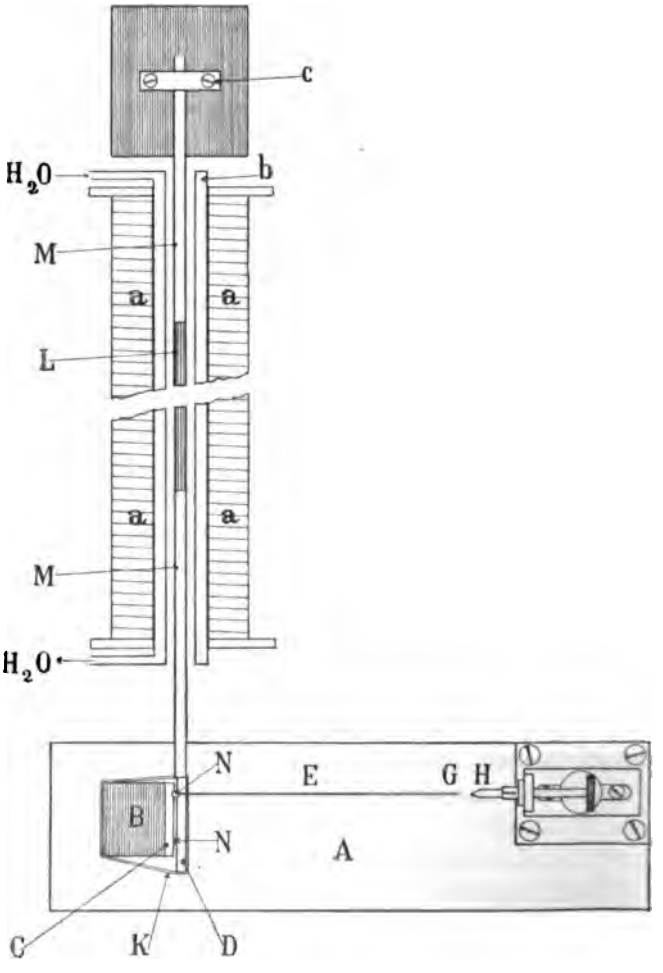
An beiden Enden des Probestabes *L*, der 17,5 cm lang und 0,6 cm im Durchmesser war, sind Messingrohre *M* befestigt, die aus der Spule herausragten. Diese war horizontal auf einem Holzbrett von 82 cm Länge und 25 cm Breite angebracht, auf dem mittels einer Messingklammer *c* das Ende der einen Messingverlängerung befestigt war. Der andere Messingansatz *M* des Stabes war mit der Vorrichtung zum Messen der Längenänderung in Berührung.

An das Holzbrettchen *A* (vgl. Fig. 1 und 2 a. f. S.) war der Klotz *B* angeschraubt, an dessen Seite ein Stück Spiegelglas *C* von 2,5 cm Länge und 2 cm Breite angekittet war. Gegen dieses wurde

[1]) Fr. Heusler, W. Starck und E. Haupt, Über magnetische Manganlegierungen, Verh. d. D. physik. Gesellsch. 5, 219, 1903; ferner Fr. Heusler, F. Richarz, W. Starck und E. Haupt, Über die ferromagnetischen Eigenschaften von Legierungen unmagnetischer Metalle, Marburg 1904.

ein zweites Stück Glas D von 3 cm Länge und 2 cm Breite durch ein Gummiband K gedrückt. Zwischen den beiden Glasplatten standen vertikal zwei Nähnadeln N von 0,38 mm Dicke, welche hin- und herrollten, wenn die Glasplatte D vor- oder rückwärts bewegt

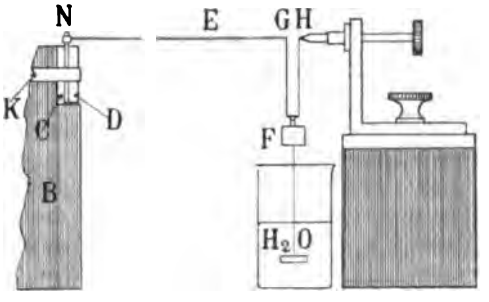
Fig. 1.



wurde. An einer der Nadeln war der 9,6 cm lange Glaszeiger E mittels eines kleinen Messinghütchens befestigt. Das Ende der einen Messingverlängerung des Stabes drückte gegen die beweg-

liche Glasplatte. Durch die Ausdehnung oder Zusammenziehung des Stabes wurden die Nadeln veranlaßt, hin- oder herzurollen und durch den Glaszeiger wurde die Bewegung in dem Verhältnis der Länge des Zeigers zum Durchmesser der Nadeln vergrößert. Eine weitere Vergrößerung erfolgte durch die Beobachtung mittels Fernrohr und Skala an dem bifilar aufgehängten Ablesungsspiegel F (Fig. 2). Er hing an einem Kokonfaden, von dem das

Fig. 2.



eine Ende an dem Zeiger, das andere Ende an dem festen Punkt befestigt war. Unten ging der Kokonfaden durch einen Papierhaken. Die Entfernung der Fäden betrug ungefähr 1,8 mm. Die Bewegungen des Spiegels wurden durch ein in Wasser tauchendes Glimmerblättchen aperiodisch gedämpft [1]).

Die Vergrößerung der Längenänderung des Stabes war demnach bei einem Skalenabstande von 1,5 m ungefähr:

$$\frac{96}{0{,}38} \cdot \frac{3000}{1{,}8} = 420000.$$

Die zwei Nähnadeln waren die einzigen Bestandteile des Apparates, welche aus Eisen bestanden. Besondere Vorversuche zeigten, daß die Erregung der Magnetisierungsspule keine störenden

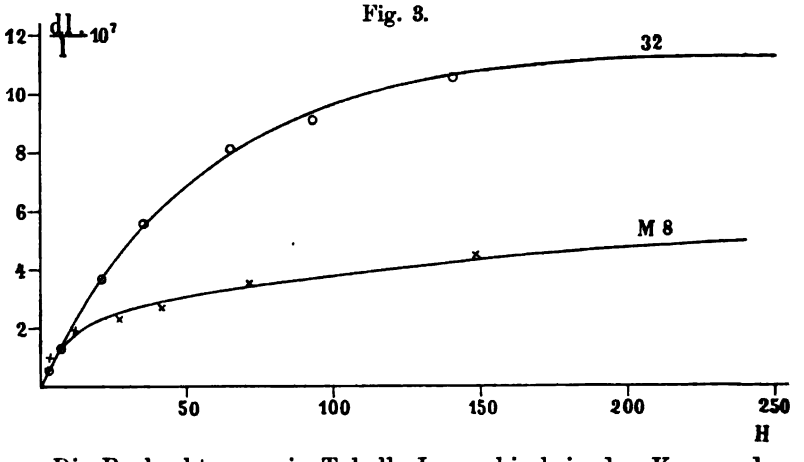
[1]) Dieser Apparat ist besonders geeignet für Demonstrationen, da er mit Ausnahme der Spule innerhalb einer Stunde in einfacher, aber vollkommen brauchbarer Form hergestellt werden kann. Bei Anwendung eines Wasserdämpfers wird er wenig durch Erschütterungen gestört und ist einfach zu justieren. Bringt man die Aufhängungspunkte des Spiegels näher aneinander, so läßt sich die Empfindlichkeit des Apparates so weit steigern, daß die Ausdehnung eines magnetisierten Eisenstabes von 25 cm Länge einen Ausschlag von mehr als 1 m bei einem Skalenabstand von 3 m gibt.

Wirkungen auf die Nadeln ausübte. Ebenso wurde ausprobiert, daß keine Verschiebung des zu magnetisierenden Stabes in der Spule auftrat. Erschütterungen des Apparates wurden dadurch vermieden, daß man Filzstücke unter das Holzbrett legte.

Tabelle I.

Guß 32 (Mn 26,5 Proz., Al 14,6 Proz.)			Guß *M* 8 (Mn 20,7 Proz., Al 10,3 Proz., Spur Pb)		
$\mathfrak{H}$ [1]) C.-G.-S.	$\mathfrak{B}$ C.-G.-S.	$\frac{dl}{l} 10^7$	$\mathfrak{H}$ [1]) C.-G.-S.	$\mathfrak{B}$ C.-G.-S.	$\frac{dl}{l} 10^7$
3,2	350	0,52	4,2	920	0,96
8,4	1800	1,36	11,1	1270	1,84
20,9	3150	3,61	26,2	1490	2,38
35,3	3540	5,45	41,4	1580	2,72
65,2	3850	8,05	72,1	1690	3,46
94,2	4000	9,10	149,0	1850	4,48
141,3	4150	10,60	303,0	—	5,16
403,7	—	11,45	457,0	—	5,96

Fig. 3.



Die Beobachtungen in Tabelle I, graphisch in den Kurven der Fig. 3 dargestellt, wurden an zwei Legierungen, von Dr. HEUSLER als Guß 32 und *M* 8 bezeichnet, angestellt. Diese Stäbe, die

[1]) $\mathfrak{H}$ bedeutet die wahre Feldstärke, korrigiert wegen der Entmagnetisierung durch den Stab.

nicht künstlich gealtert waren, stellte mir Herr Prof. GUMLICH nebst den Angaben über die magnetischen Eigenschaften freundlichst zur Verfügung.

Man sieht, daß die Verlängerungskurven in der Form der Magnetisierungskurve ziemlich gleich kommen, nur steigen sie langsamer an. Zum Vergleich möge angeführt werden, daß ein Stück weiches Eisen von 25 cm Länge und 0,6 cm Durchmesser im Maximum eine magnetische Ausdehnung von $0{,}79 \cdot 10^{-3}$ mm ergab. Hieraus folgt: $\frac{dl}{l} = 31{,}4 \cdot 10^{-7}$.

Eine sonderbare Erscheinung wurde während der Ausdehnungsversuche beobachtet. Wenn der Stab in einem starken Felde magnetisiert ist und sich ausgedehnt hat, so findet bei konstant bleibendem Felde eine fortwährende Zusammenziehung statt, welche so groß ist, daß sie die Ausdehnungsversuche bei stärkeren Feldern sehr erschwert. Eine genaue quantitative Bestimmung dieser fortwährenden Zusammenziehung war bei meinem Apparat beinahe unmöglich, denn sie wurde stets teilweise durch die Wärmeausdehnung kompensiert, die bei der nicht ganz hinreichend starken Wasserspülung unvermeidlich war. Verschiedene Versuche zeigen, daß die Zusammenziehung ungefähr dem Quadrat der Feldstärke proportional ist. Es ergab sich:

$\mathfrak{H}$	75	150	300	450	C.-G.-S.
Zusammenziehung während 10 Sekunden	—	15	55	130	Skth.

Die an diesen Zahlen angebrachte Korrektion wegen Wärmeausdehnung wurde 10 Sekunden nach Unterbrechung des Stromes beobachtet. Die Zusammenziehung ist so groß, daß sie mehrere Tage fortgesetzt eine Verkürzung der Legierung hervorrufen würde, welche mehrere Zehntel Millimeter betragen müßte. Obgleich es unwahrscheinlich ist, daß die Zusammenziehung mit der Zeit unverändert fortgeht, so stellte ich doch den Stab *M* 8 drei Tage lang zwischen die Pole eines starken Hufeisenmagnets, habe aber keine größere permanente Längenänderung beobachtet. Hieraus würde folgen, daß die Zusammenziehung nach kurzer Zeit aufhört. Ich vermute, daß die allmähliche Zusammenziehung auf derselben Ursache beruht, welche die Zusammenziehung von Eisen

in starken Feldern hervorruft. Der Unterschied bestände alsdann darin, daß die Bewegung der Legierung langsam erfolgt. Doch bedarf dieses noch näherer Aufklärung.

Zusammenstellung der Resultate.

1. Die HEUSLERschen magnetischen Legierungen zeigen eine Ausdehnung in dem magnetischen Felde, welche bei zwei untersuchten Exemplaren beinahe der Magnetisierung proportional ist.

2. Die Ausdehnungskurve ist in der Form der Magnetisierungskurve ähnlich, steigt aber langsamer an. Die größte beobachtete Ausdehnung war $11 . 10^{-7}$ der Länge in einem Felde von 400 Einheiten, d. h. ungefähr ein Drittel der Maximalausdehnung von weichem Eisen.

3. In starken Feldern wurde eine allmähliche Zusammenziehung beobachtet, welche ungefähr dem Quadrat der Feldstärke proportional scheint.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt, 1. Juli 1904.

Meiser & Mertig, Dresden-N. d.

Werkstätten für Präzisionsmechanik.

Physikalische Apparate

jeder Art in praktischer, solider u. eleganter Ausführung.

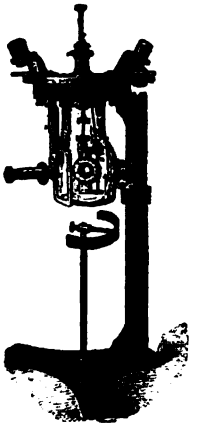
Funkeninduktoren. * Hochspannungsapparate.

Apparate für drahtlose Telegraphie.

Röntgenapparate. * Chemische Geräte.

Viele Empfehlungen und Anerkennungen.

Neue Preisliste kostenlos.



W. Apel, Universitäts-Mechaniker, Inh. Dr. M. Apel.

Geschäftsgründung 1808. **Göttingen.** Geschäftsgründung 1808.

Chemische und physikalische Apparate.

Specialität:

Rauchgasapparate, Calorimeter zur Bestimmung des **Brennwertes** der verschiedenen **Brennstoffe** und von **Gasen**, nach Ferd. Fischer.

Thermometer nach Ferd. Fischer. (Taschenbuch für Feuerungstechniker.)

Apparat zur Bestimmung d. Dielektricitätsconstanten nach Nernst. (Zeitschr. f. physik. Chemie. XIV, 4.)

Totalreflectometer nach Kohlrausch.

Demonstrationsapparate nach Behrendsen und Grimsehl.

Krystallmodelle aus Holz und Glastafeln nach Klein, Naumann und Rose.

Milchprüfungsbestecke nach Tollens.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Lehrbuch der Physik

von **Andrew Gray,**

Professor der Physik an der Universität Glasgow.

Autorisierte deutsche Ausgabe von

Dr. Felix Auerbach,

Professor an der Universität Jena.

Erster Band. Allgemeine und spezielle Mechanik. Mit 400 eingedruckten Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 20 ℳ., geb. 21 ℳ.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rh.

Spezialfabrik für

Einrichtung wissenschaftlicher Institute

liefern

vollständige Einrichtungen von Hörsälen und Laboratorien

mit

Experimentiertischen, Verdunkelungs-Vorrichtungen, Arbeitstischen, Sammelschränken usw.

Elektrische Stromanlagen, Schalttafeln, Umformer usw.

Projektionsapparate.

Physikalische Apparate

für

Vorlesungen und Übungen im Praktikum.

Illustrierte Preislisten auf Verlangen.

☞ Diesem Hefte ist beigegeben: Ein Prospekt von **G. Hartmer, Ebingen** (Süddeutschland), betr. „**Wichtige Neukonstruktion und Verbesserung der chemischen Wagen**".

Jahrg. 2 *Heft 15*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. (Fehlen.) — 2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik. I. Allgemeine Physik. S. 259. — II. Akustik. S. 261. — III. Physikalische Chemie. S. 261. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 263. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 267. — VI. Wärme. S. 268. — VII. Kosmische Physik. S. 270.

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Soeben erschien:

Alphabetisches Namenregister

zu den

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

Jahrgang 1 bis 17 (1882 bis 1898)

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

Gr. 8°. V und 20 Seiten. Preis geh. M. —.60.

Die „Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin" bilden den Vorläufer zu den seit 1899 als selbständige Zeitschrift erscheinenden „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft". Sie haben in den 17 Jahren ihres Bestehens vielfache Änderungen ihrer Erscheinungsform durchgemacht und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß die ganze Serie nur noch in wenigen Exemplaren existiert. Das ist umsomehr zu bedauern, als in den „Verhandlungen" manche Mitteilung vergraben liegt, welche später der Ausgangspunkt für große Fortschritte in der physikalischen Forschung wie in der Technik wurde. Solche Mitteilungen der Vergessenheit zu entreißen, ist der Zweck des vorliegenden alphabetischen Namenregisters für die ganze erste Serie der „Verhandlungen".

☞ **Laut Übereinkommen mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft wird den Mitgliedern der Gesellschaft die besondere Vergünstigung des unmittelbaren Bezuges von der Verlagshandlung zum ermäßigten Preise von M. —.30. gewährt.**

☞ Von Nichtmitgliedern zum Preise von M. —.60. zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Jahrg. 2 *Heft 17*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — für reine Physik

Richard Assmann — für kosmische Physik

Inhalt.

1. **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.** (Fehlen.) — 2. **Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.** I. Allgemeine Physik. S. 286. — II. Akustik. S. 294. — III. Physikalische Chemie. S. 295. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 298. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 303. — VI. Wärme. S. 305. — VII. Kosmische Physik. S. 306.

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Über die Energie des Wassers und seines Dampfes bei hohen Temperaturen;

von C. Dieterici.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 20. September 1904.)

(Vgl. oben S. 218.)

In einer experimentellen Untersuchung über die Flüssigkeits- oder die spezifische Wärme des Wassers, welche ich mit dankenswerter Unterstützung der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie ausgeführt habe, gelang es mir, diese Größe bis 300° C hin zu verfolgen.

Das angewendete Verfahren bestand darin, daß eine abgewogene Quantität Wasser in ein evakuiertes Quarzrohr eingeschmolzen, auf eine sorgfältig gemessene hohe Temperatur erhitzt und dann in ein BUNSENsches Eiskalorimeter einfallen gelassen wurde. Die von dem Gefäß getragene Wärme wurde durch einen zweiten analogen Versuch bestimmt und durch die Differenz die Flüssigkeitswärme der eingefüllten Substanz ermittelt.

Die experimentelle Schwierigkeit derartiger Versuche besteht darin, daß, da bei hohen Temperaturen der Dampfdruck des Wassers enorm steigt — bis auf rund 100 Atm. bei 300° — die Quarzrohre stark genug gewählt werden mußten, um diesen Druck auszuhalten. Dadurch wurde natürlich der von dem Gefäße getragene Teil der gesamten beobachteten Wärme erhöht und, da es stets auf die Differenz der gesamten beobachteten Wärme und der Gefäßwärme ankommt, muß die Beobachtung sehr sorgfältig ausgeführt werden, um noch die Differenz sicher zu ergeben.

Von den erhaltenen Resultaten seien hier nur diejenigen hervorgehoben und weiter benutzt, welche sich auf hohe Temperaturen, d. h. über 100° C, beziehen.

Legt man die mittlere oder BUNSENsche Kalorie zugrunde, also den hundertsten Teil derjenigen Wärme, welche nötig ist, um 1 g Wasser von 0° C auf 100° zu bringen, so läßt sich nach

meinen Beobachtungen zwischen 100 und 300° die mittlere spezifische Wärme des Wassers zwischen t und 0° darstellen durch

$$C_m = 1{,}0160 - 0 \,.\, 0_3 30286 \,.\, t + 0 \,.\, 0_5 1434 \,.\, t^2,$$

also die spezifische Wärme bei t durch

$$C_t = 1{,}0160 - 0 \,.\, 0_3 6058 \,.\, t + 0 \,.\, 0_5 4302 \,.\, t^2.$$

Diese Formel gibt folgende Einzelwerte:

t	C_m	C_t
100°.	1,0000	0,9984
150°	1,0028	1,0218
200°	1,0129	1,0670
250°	1,0299	1,1335
300°	1,0542	1,2215

Wie die Tabelle erkennen läßt, nimmt die spezifische Wärme des Wassers mit steigender Temperatur beträchtlich zu, um so stärker, je höher die Temperatur steigt.

Dieses Verhalten, welches ich in gleicher Weise früher schon bei CO_2 und Isopentan beobachtet habe, ist nicht überraschend, wenn man die bekannte Gleichung der mechanischen Wärmetheorie für die spezifische Wärme C_s unter dem Sättigungsdruck

$$C_s = C_v + T \cdot \left(\frac{dp}{dT}\right)_v \cdot \frac{dv_s}{dT}$$

heranzieht, welche sagt, daß die gesamte beobachtete Wärme C_s in zwei Teile zerfällt, von denen der erste dazu dient, die „Warmheit" der Substanz (HELMHOLTZ) zu erhöhen, der zweite Teil auf innere Arbeit verwendet wird. Der zweite Teil wächst aber mit steigender Temperatur, weil sowohl T, wie die Flüssigkeitsausdehnung $\frac{dv_s}{dT}$ zunimmt; letztere um so mehr, je näher die Temperatur der kritischen kommt.

Bei meinen Versuchen ist streng genommen nicht die spezifische Wärme C_s unter Sättigungsdruck beobachtet, sondern die Energieänderung. Denn da die Substanz in einem vollständig geschlossenen Gefäß erhitzt wurde, ist äußere Arbeit überhaupt nicht geleistet, also alle beobachtete Wärme auf Energieänderung

verwendet. Nur weil die spezifische Wärme C_s sich von der Energieänderung um die verschwindend kleine mit der Flüssigkeitsausdehnung verbundene äußere Arbeit $p_s \cdot \frac{dv_s}{dt}$ unterscheidet, sind beide Größen als gleich behandelt.

Wir sind gewohnt, uns den Zustand einer Substanz durch die bekannten Druckisothermen und die die Sättigungspunkte verbindende Sättigungs- oder Grenzkurve in pv-Blatt darzustellen. Diese Darstellung ist immer von Vorteil, wenn es sich um Arbeitsvorgänge handelt. Zur Übersicht der kalorischen Verhältnisse ist es von erheblich höherem Nutzen, das Energiediagramm oder die Energieisothermen in einem Uv-Blatt zu konstruieren.

Hierzu liegen die nötigen Daten für Wasser vor; denn durch die Flüssigkeitswärme ist der Energieüberschuß der Flüssigkeit bei t^0 C und unter dem Dampfdruck über dem als Nullniveau hier angenommenen flüssigen Zustand bei 0° gegeben. Ferner können wir die Energieänderung beim Übergang aus dem flüssigen in den Zustand gesättigten Dampfes bei t^0 durch die innere Verdampfungswärme bei t entweder berechnen, wenn die nötigen Daten über Druck und Volumen des gesättigten Dampfes vorliegen, oder direkt aus kalorimetrischen Beobachtungen entnehmen. Endlich sind drittens von RAMSAY und YOUNG die Drucke, welche der ungesättigte Wasserdampf zwischen 140° C und 270° C bei verschiedenem Volumen ausübt, beobachtet und da die Energieänderung mit dem Volumen bei konstanter Temperatur immer durch

$$\left(\frac{dU}{dv}\right)_t = T \cdot \left(\frac{dp}{dT}\right)_v - p$$

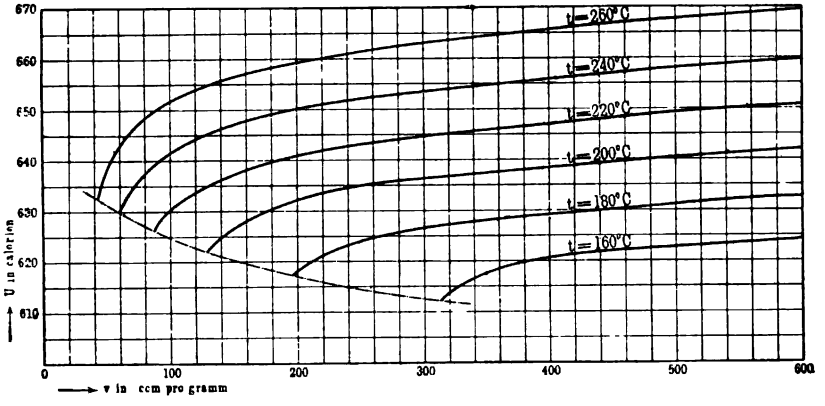
gegeben ist, so kann man aus den beobachteten Drucken die Energieänderung berechnen.

Das Ergebnis der Berechnung ist in dem folgenden Uv-Diagramm wiedergegeben, in welchem der Energieüberschuß über dem willkürlich angenommenen Nullniveau der Energie des flüssigen Zustandes bei 0° C als Ordinate zum Volumen als Abszisse bei konstanter angegebener Temperatur in Kalorien gemessen, eingetragen ist. Die Kurven geben die Energieisothermen des Wasserdampfes, die gerade geneigte Linie, welche dem Übergang aus dem flüssigen in den Zustand gesättigten Dampfes ent-

spricht, hat bei dem Maßstab der Zeichnung nicht zum Ausdruck gebracht werden können.

Die U-Isothermen zeigen alle das gemeinsame charakteristische Merkmal, daß sie von den Sättigungspunkten steil ansteigen, ihre Neigung vermindert sich und allmählich gehen sie in gerade der Abszissenachse parallele Linien über. Der Endzustand, bei dem

Fig. 1.



$U = const$, d. h. unabhängig vom Volumen ist, ist, soweit die Beobachtungen reichen, zwar annähernd, aber nicht vollkommen erreicht. Er tritt erst ein, wenn der ideale Gaszustand eintritt. Die Kurve, welche die Sättigungskurve verbindet, ist die Energiekurve der Grenzzustände.

Auf die Folgerungen, welche aus dem Energiediagramm über die für die Technik besonders wichtigen Größen der spezifischen Wärme des überhitzten Wasserdampfes unter verschiedenen Bedingungen hergeleitet werden können, sei hier nicht eingegangen, sondern nur eine wichtige Folgerung prinzipieller Art gezogen.

Die spezifische Wärme C_v des Dampfes erhält man unmittelbar aus dem Energiediagramm, indem man die Energiedifferenz bei konstantem Volumen abliest und sie durch die Temperaturdifferenz dividiert.

Aus dem Energiediagramm ist nun sofort ersichtlich, daß, da die Energieisothermen bei großem Volumen nahezu parallel und in nahezu gleichen Abständen voneinander verlaufen,

C_v nahezu unabhängig von Volumen und Temperatur ist, also die Forderung der kinetischen Gastheorie nahezu erfüllt ist.

Bildet man aber C_v oder die Energiedifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden U-Isothermen für kleinere Volumina, welche also dem Sättigungspunkte näher liegen, so ist sofort ersichtlich, daß C_v wachsen muß, weil die untere Isotherme ihrem Sättigungspunkte zu sich stärker gesenkt hat, als die obere, welche ihrem Sättigungspunkte noch ferner ist.

Folglich ist C_v bei konstant erhaltener Temperaturdifferenz vom Volumen abhängig in der Art, daß, wenn $v = v_s$ gleich dem Sättigungsvolumen ist, C_v einen maximalen Wert hat und von diesem mit wachsendem Volumen abnimmt.

Bildet man weiter bei $v = v_s$ die Energiedifferenzen zwischen je zwei aufeinander folgenden Temperaturen, so ist aus dem Diagramm sofort ersichtlich, daß C_v bei festgehaltenem Volumen, aber steigender Temperatur abnimmt.

Demnach ist C_v Volumen und Temperaturfunktion der Art, daß von dem maximalen Wert, der im Sättigungszustande eintritt, C_v bei konstant erhaltener Temperatur mit wachsendem Volumen und bei konstant erhaltenem Volumen mit steigender Temperatur abnimmt.

Dies Ergebnis ist für die Bildung der Zustandsgleichung von erheblicher Bedeutung; denn es läßt sich nachweisen, daß, wenn man in der allgemeinen Zustandsgleichung

$$p + \pi = \frac{RT}{v - b},$$

nach welcher sich der tatsächliche Druck p und der Kohäsionsdruck π zu dem Gesamtdruck ergänzen, welcher sich für ein ideales Gas unter Berücksichtigung der VAN DER WAALSschen Volumkorrektion berechnen läßt, π mit VAN DER WAALS als unabhängig von T annimmt, sich als notwendige Konsequenz ergibt: C_v unabhängig von T im Widerspruch mit dem obigen Ergebnis.

Umgekehrt kann man aber nicht den Kohäsionsdruck π als Funktion von T auffassen und zugleich die obige allgemeine Form der Zustandsgleichung festhalten, ohne mit den Folgerungen der mechanischen Wärmetheorie in Widerspruch zu geraten, welche zur Zustandsgleichung

$$p + \pi = T\left(\frac{dp}{dT}\right)_v$$

führen. Diese Zustandsgleichung ist gültig, auch wenn π Funktion von T ist, sie gibt die erste Form wieder, wenn man diese Forderung fallen läßt. Die letztere Form sagt durch

$$\pi = T\left(\frac{dp}{dT}\right)_v - p = \left(\frac{dU}{dv}\right)_T$$

auch zugleich aus, daß die richtige Hypothese für den Kohäsionsdruck auch zugleich die Gleichung der Energieisotherme enthält, also das Fundamentalproblem der mechanischen Wärmetheorie nach der Energiefunktion einer Substanz beantwortet.

Hannover, im September 1904.

Zur Konstitution der Magnete;
von Edm. Hoppe-Hamburg.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 19. September 1904.)
(Vgl. oben S. 217.)

Die beiden Betrachtungsweisen für die Erklärung der Induktion durch rotierende Magnetfelder sind bekanntlich die Kraftlinientheorie und das BIOT-SAVART sche Gesetz. Beide lassen zwei verschiedene Auffassungen zu. Die erste kann annehmen, daß der Magnet rotiere, aber das Feld feststehe oder sich mit anderer Geschwindigkeit drehe. Die zweite kann das BIOT-SAVART sche Gesetz auf die mitrotierenden Leiterteile anwenden oder auf die ruhenden. Daß auch die erste dieser letztgenannten Vorstellungen zulässig sei, ist in den Arbeiten von HAGENBACH[1]) und OLSHAUSEN[2]) dargelegt. Vor einiger Zeit habe ich Versuche veröffentlicht[3]), durch welche der Nachweis erbracht sein dürfte, daß das Feld des rotierenden Magneten nicht ruht, indem ich zeigte, daß bei hinreichend starken Feldern unter geeigneter Anordnung Verschiebung der mit Eisenpulver dargestellten Kraftlinien im Sinne der Rotation nachweisbar ist und erhebliche Distanzverschiebungen ergibt. Immerhin ist dadurch noch nicht entschieden, ob das Feld die gleiche Geschwindigkeit habe wie der rotierende Magnet und ob für die Verzögerung lediglich das Haftvermögen des Mediums verantwortlich sei. Sollte eine Differenz der Geschwindigkeiten vorhanden sein, so würde der rotierende Magnet an seinen Polflächen entgegengesetzt elektrische Polarität als auf der Peripherie des zur Achse symmetrischen Mittelschnittes besitzen müssen. Auch bei Anwendung des BIOT-SAVART schen Gesetzes ergibt sich eine Differenz, ob man dasselbe auf die rotierenden Leiterteile oder auf die nichtrotierenden anwendet. HAGENBACH hat darauf aufmerksam gemacht, daß im ersteren Falle die AMPÈRE sche Vorstellung von der Ersetzbarkeit eines

[1]) HAGENBACH, Ann. d. Phys. (4) 4, 233, 1901.
[2]) OLSHAUSEN, Ann. d. Phys. (4) 6, 681, 1901.
[3]) HOPPE, Mitteilungen d. Math. Gesellschaft zu Hamburg 1903, S. 125.

Elementarmagneten durch einen Elementarstrom des Moleküls nicht aufrecht zu erhalten sei. Da auch bei dieser Betrachtungsweise die verschiedene elektrische Polarität an den Enden der Achse des Magneten und an der Peripherie des Mittelschnittes sich ergibt, erscheinen Messungen hierüber von entscheidendem Wert.

Diese Messungen der statischen Ladung können nicht durch Berührung eines zu einem Elektrometer führenden Leitungsdrahtes auf der Peripherie des Mittelschnittes oder an den Achsenenden erhalten werden; denn beide Auffassungen ergeben für einen solchen Kontakt die gleichen Ladungen auf dem Elektrometer. Auch die Unterbrechung der Leitung ändert an der zu erwartenden Ladung in beiden Fällen nichts wesentliches, wenigstens nicht die Qualität der Ladung. Geht man von den MAXWELLschen Gleichungen für die Induktion aus, so ergibt sich, wenn man die z-Achse des Koordinatensystems mit der Achse des Magneten zusammenfallen läßt und den Koordinatenanfangspunkt in den Mittelpunkt des rotierenden Magneten legt, für das Potential an einem Punkte xyz der Wert[1]):

$$V = \frac{n \cdot \mu z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} + C \quad \ldots\ldots \quad 1)$$

wo n die Winkelgeschwindigkeit, μ die Stärke des Poles und C eine Konstante bedeuten. Betrachte ich also ein Leiterstück zwischen den Punkten $(xyz)_1$ und $(xyz)_2$ und bezeichne $z_1/\sqrt{x_1^2+y_1^2+z_1^2}$ mit $\cos\alpha$ und $z_2/\sqrt{x_2^2+y_2^2+z_2^2}$ mit $\cos\beta$ und mit a die Anzahl der Umdrehungen in der Sekunde, so erhalte ich die elektromotorische Kraft:

$$E = V_1 - V_2 = -\frac{2\pi a \cdot \mu}{10^5}(\cos\alpha - \cos\beta) \text{ Millivolt} \quad . \quad 2)$$

Wenn also bei feststehendem Elektrometer das Ende des Zuleitungsdrahtes dem rotierenden Magneten genähert wird, muß die Ladung proportional dem Cosinus des Winkels α wachsen bis zum Maximum, wenn $\alpha = 0$ wird in der Achse des Magneten. Es muß also gleichgültig sein, ob der Draht den Mantel des Magneten berührt oder nicht.

Ist dagegen auf dem Mantel des Magneten eine statische Ladung vorhanden, deren Vektor in einem Punkte xyz mit G

[1]) HOPPE, Ann. d. Phys. (4) 8, 670, 1902.

bezeichnet werde, so erhält dieser Punkt bei Verschiebung in der x-Achse des Koordinatensystems die Elementarladung:

$$\varepsilon = -\frac{\varkappa}{4\pi}\frac{\partial G}{\partial x},$$

wo $\varkappa$ die Dielektrizitätskonstante des Mediums ist. Sei ϱ die Dichte der Ladung auf dem Magneten, a der Radius desselben, f eine Konstante, so ist:

$$G = \frac{f \cdot \varphi_{(\varrho)}}{(x-a)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

Diese Funktion ändert sich stetig, solange nicht $x = a$ wird. Solange also der Punkt in dem elektrischen Felde nur genähert wird, ohne zu berühren, muß die Ladung auf dem Elektrometer wie bei der obigen Betrachtungsweise gleichmäßig wachsen. Sobald aber Berührung eintritt, d. h. $x = a$ wird, wird G unstetig, es tritt eine momentane Ladung auf, deren Dichte ϱ' für das Elektrometer berechnet werden kann. Ist F die auf dem Magneten belegte Fläche, F' die Oberfläche der Elektrometernadel mit Zuleitung, so ist: $\varrho' = \varrho \frac{F.F'}{F+F'}$. Und diese plötzlich auftretende Ladung muß nach Aufhören der Berührung auf dem Elektrometer bleiben, bis sie durch langsame Entladung durch die Luft verloren geht.

Es ergibt sich also, daß man mit einem hinreichend empfindlichen Elektrometer die Entscheidung, ob eine statische Ladung vorhanden ist oder nicht, in der Tat treffen kann. Nachdem DOLEZALEK[1]) nun eine bequeme Methode angegeben hat, empfindliche Elektrometer herzustellen, ist die Möglichkeit, solche Messungen auszuführen, jedermann gegeben. Ich konstruierte mir ein solches Elektrometer, welches bei der Dicke 0,006 mm des Quarzfadens und einer Schwingungsdauer von 47″ eine Empfindlichkeit von 0,006 73 Millivolt für einen halben Skalenteilausschlag hatte, wenn die Quadranten mit einer Ladung von + 108 Volt durch Anschluß an die Lichtleitung geladen waren.

Mit dem Kopfe der Elektrometernadelaufhängung verband ich durch einen 0,1 mm dicken Silberdraht eine an einen Hartgummiklotz aufgehängte Messingkugel von 15 mm Durchmesser.

[1]) DOLEZALEK, Verhandl. d. D. Phys. Ges. 3, 18, 1901.

Die Länge dieses so erzeugten Pendels variierte zwischen 751 und 820 mm und wurde so lang genommen, daß die Kugel in den Umkehrpunkten der Schwingung nahezu in der Symmetrieebene der Magnetachse lag. Die Entfernung der Kugel von dem Magneten wurde so groß gewählt, daß bei der größten Elongation die Kugel den Mantel des vertikal gestellten Magneten eben berührte. Diese Elongation wurde dadurch hergestellt, daß die Kugel hinter einen Hartgummigriff, der an einem Stativ befestigt war, gelegt wurde. Der Magnet war gebildet durch einen Elektromagneten mit einem zylindrischen, weichen Eisenkern von etwa 160 mm Länge und 16 mm Radius. Der Wert von μ in Formel 2) betrug, wenn die Stärke des Induktionsstromes 8 Amp. war, 1169 $cm^{3/2} g^{1/2} sek^{-1}$. Die Umdrehungszahl wurde durchweg auf $a = 10$ für eine Sekunde gewählt. Danach berechnet sich E für alle Punkte des Feldes nach Formel 2). In der folgenden Tabelle gibt die fünfte Kolumne diese für die in der ersten Kolumne angeführten Werte der Distanz der Kugel vom Mantel des Magneten berechneten Werte. Für jede dieser Distanzen wurden zwei Beobachtungen ausgeführt mit Rechtsdrehung und Linksdrehung des Elektromagneten; die hierbei abgelesenen Ausschläge der Elektrometernadel sind als +- und —-Ausschläge in der zweiten und dritten Kolumne verzeichnet. Aus dem in der vierten Kolumne angegebenen Mittel dieser Ausschläge ist dann in Kolumne 6 ein Wert für E berechnet unter der Voraussetzung, daß der erste Ausschlag richtig war, d. h. mit dem in Kolumne 5 gegebenen Werte von E übereinstimmte.

Distanz	Ausschlag			E nach Formel	E nach Ausschlag
	+	—	Mittel		
0 cm	58	57,1	57,5	0,660 41	0,66
3 „	53,8	51,2	52,5	0,599 62	0,61
4 „	47	51,3	49,1	0,586 05	0,562
76 „	1,5	2	1,75	0,029 95	0,020

Wenn nun die Kugel nicht durch den isolierenden Hartgummigriff in der bezeichneten Entfernung festgehalten wurde, sondern im Felde pendelt, so war bei der Elongation 76 cm, dem Ausgangspunkt der Schwingung, nur eine unbedeutende Ablenkung der

Nadel zu beobachten; da aber die Schwingungsdauer der Nadel 47″ und bei einem zweiten noch feineren Faden 62″ betrug, während die pendelnde Kugel etwa 1″ Schwingungsdauer hatte, so erreichte die Nadel nie den Wert, welcher der Berührung oder Annäherung auf etwa 1 cm entsprach, aber sie wurde beim Beginn der Schwingung sofort in Bewegung gesetzt und erreichte das Maximum des Ausschlages erst, nachdem die pendelnde Kugel längst wieder hinter dem Hartgummigriff aufgefangen war. Ich notierte diese Maximalausschläge und fand als höchsten Wert 25 Skalenteile, gewöhnlich jedoch weniger, etwa 20 Skalenteile. Aber es ist für diese Ausschläge gänzlich irrelevant, ob die Kugel den Mantel des Magneten berührt oder ob sie sich nur nähert. Weder ein stoßweises Ausschlagen beim Berühren des Mantels, noch eine dauernde Ladung zeigt sich auf dem Elektrometer, sondern die Nadel kehrt einfach wieder in die Ruhelage zurück, nachdem sie ihre kurze Schwingung ausgeführt hat. — Ich darf noch darauf aufmerksam machen, daß die mitgeteilten Zahlen aus einer großen Anzahl von Beobachtungen entnommen sind. Bei der Empfindlichkeit des Elektrometers muß natürlich nach jedem Versuche sorgfältig entladen werden, und das kann nur geschehen, indem beide Quadrantenpaare und die Nadel gleichzeitig durch einen Draht an die Erde angelegt werden. Es empfiehlt sich auch, die Ladung der Quadranten durch eine Akkumulatorenbatterie auszuführen und nicht durch Anlegen an die Lichtleitung, da die Spannung in dieser fortgesetzten Schwankungen unterworfen ist, wodurch zahlreiche Beobachtungen unvergleichbar werden. Damit scheint mir der Nachweis erbracht zu sein, daß eine statische Ladung auf dem Magneten nicht vorhanden ist, daß man also für die Konstitution der Magnete die Ampèresche Vorstellung von der Ersetzbarkeit der Elementarmagnete durch Molekularströme zulassen muß, und für die Darstellung durch die Kraftlinien annehmen muß, daß dieselben im Magneten sich mit demselben drehen, außerhalb desselben aber eine Verzögerung erleiden, je nach dem Haftvermögen des Mediums.

Hamburg, 13. September 1904.

Neue physikalische Vorlesungsapparate;
von H. Hartl.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 19. September 1904.)
(Vgl. oben S. 217.)

1. Der Apparat zur Lehre von dem Trägheitsmomente besteht aus einer an einem Ständer befestigten Blattfeder, an welche ein horizontales Speichenkreuz angehängt werden kann. Das so gebildete Torsionspendel hat eine Schwingungsdauer von 15 Sekunden. Belastet man dasselbe nacheinander mit verschiedenen Körpern (Ringen, Stäben, rechteckigen und kreisförmigen Scheiben), so tritt eine Erhöhung der Schwingungsdauer um 6 Sekunden ein. Diese Verlangsamung des Pendels gibt ein Maß für das Trägheitsmoment des aufgelegten Körpers, und aus der Gleichheit dieser Verlangsamung ergibt sich auch die Gleichheit der Trägheitsmomente, die auch aus den bezüglichen Formeln folgt. Die Versuche bilden somit die experimentelle Bestätigung dieser Formeln. An dem Apparate kommen auch das äquatoreale Trägheitsmoment einer Kreisscheibe, sowie der Satz zum Nachweise, der sich in der bekannten Gleichung $T_a = T_o + Ma^2$ ausdrückt. Auch die Verschiedenheit des polaren und äquatorealen Trägheitsmomentes einer Kreisscheibe wird durch die verschiedene Verzögerung des Pendels (um 10 und 6 Sekunden) scharf zum Ausdruck gebracht. Das Auflegen und Abheben der Versuchskörper geschieht rasch und bequem, was für den Unterricht von wesentlicher Bedeutung ist.

2. Der Bodendruckapparat zeigt die Gesetze des hydrostatischen Druckes. Die gedrückte Bodenfläche ist in einem Glaszylinder beweglich und überträgt den hydrostatischen Druck unmittelbar auf eine Zeigerwage. Da die Bodenfläche genau 10 qcm beträgt, so ist bei einer Druckhöhe von h cm der Bodendruck $P = 10 \,.\, h\ g = h$ dg. Diese ziffernmäßige Übereinstimmung zwischen Druckhöhe und Bodendruck wird von dem Apparate ununterbrochen selbsttätig angezeigt, während die Druckhöhe variiert wird. Das für den Nachweis des hydrostatischen

Paradoxons nötige Auswechseln der Gefäße geschieht an dem Apparate in der einfachsten Weise.

3. Apparat zum Nachweise des Zusammenhanges zwischen Volumen, Spannung und Temperatur einer abgeschlossenen Gasmenge.

Der Apparat besteht aus einem, von einem Dreifuß getragenen zylindrischen Gefäße, das nach Art des FORTIN schen Barometers einen beweglichen Boden aus Leder besitzt. In das Gefäß sind zwei kalibrierte Glasröhren eingesetzt, deren eine oben offen ist, während die andere durch einen Stöpsel luftdicht geschlossen werden kann. Durch Heben und Senken des Lederbodens mittels einer Schraube kann man das in dem Gefäße befindliche Quecksilber mehr oder weniger hoch in die Röhren emportreiben. Zwischen den beiden Röhren befindet sich eine gewöhnliche Millimeterskala, deren Nullpunkt sich am oberen Ende der geschlossenen Röhre befindet. Dem Teilpunkte 273 dieser Skala entsprechend, sind an den beiden Röhren Marken eingeritzt, die die Nullpunkte zweier anderer Skalen bilden: an der geschlossenen Röhre einer nach abwärts gerichteten Millimeterskala, an der offenen Röhre einer nach aufwärts gehenden Skala, deren Teile dem 273sten Teile des Barometerstandes gleich sind. Diese Skala kann in einfacher Weise für jeden Barometerstand eingestellt werden.

Um nachzuweisen, daß der Ausdehnungskoeffizient, sowie der Spannungskoeffizient $= \frac{1}{273}$ ist, hebt man bei offenen Röhren das Quecksilber bis zum Teilpunkte 273 der mittleren Millimeterskala. Sodann schließt man die eine Röhre. Man hat also eine Luftmenge vom Volumen 273 und dem Drucke b (Barometerstand) abgeschlossen. Gleichzeitig liest man an einem der Röhre anliegenden Thermometer die Temperatur (z. B. 20°) ab. Hierauf wird der Glasmantel, in welchem sich die beschriebene Vorrichtung befindet, von unten mit warmem Wasser gefüllt, das man durch eingeblasene Luftblasen gut durchmischt. Das Thermometer zeige z. B. 48° C. Somit hat die Temperatur um 28° C zugenommen, und es muß daher bei konstantem Drucke das Volumen um $\frac{28}{273}$ seines ursprünglichen Wertes, also um 28 zugenommen haben. In der Tat zeigt das Quecksilber, wenn wir durch Zurückdrehen der

Schraube beiderseits auf gleiches Niveau einstellen, an der nach 273stel des Anfangsvolumens geteilten Sonderskala der geschlossenen Röhre wenigstens annähernd auf 28. Wenn man jedoch durch Heben des Lederbodens das Quecksilber so hoch treibt, daß die abgesperrte Luft auf das ursprüngliche Volumen gebracht wird, so zeigt das Quecksilber an der Sonderskala des offenen Rohres auf 28, d. h. der Druck hat um $\frac{28}{273}$ seines ursprünglichen Wertes zugenommen. Durch die besondere Einrichtung der Skalen ist also bei dem Nachweise des Ausdehnungs- und Spannungskoeffizienten keinerlei Rechnung erforderlich. Will man dagegen die allgemeine Gleichung $p'v' = pv\,(1 + \alpha t)$ nachweisen, so wird man v und v', sowie p' mittels der mittleren Millimeterskala bestimmen und dann durch Ausrechnung beider Gleichungsseiten das Gesetz bestätigen.

Für den Nachweis des BOYLEschen Gesetzes geht man von einem beliebigen Volumen, z. B. 300 aus und schließt dann den Stöpsel. Hierauf preßt man die Luft durch Heben des Lederbodens zusammen und weist durch Ausführung der bezüglichen Multiplikationen nach, daß das Produkt aus Volumen und Druck konstant bleibt.

4. Der Schieber-Pachytrop zeigt in einer Vertikalebene eine obere und eine untere Reihe von Knöpfen, welche unmittelbar als die positiven und negativen Pole der zu verbindenden Elemente anzusehen sind, da sie mit diesen Polen verbunden sind. Von diesen Knöpfen gehen, einander gegenübergestellt, starke Schleiffedern aus, unter welchen ein Schieber mit aufgesetzten Kontaktstücken in verschiedenen Lagen eingesetzt werden kann, wobei die Elemente hintereinander, nebeneinander oder in Gruppen geschaltet werden. Die Verbindungen sind mit einem Blicke zu übersehen, so daß eine Erklärung eigentlich überflüssig ist. Dasselbe gilt auch von dem

5. Stromwender, dessen Kontakte gleichfalls auf einer vertikalen, dem Auditorium zugekehrten Platte montiert sind und den Stromverlauf deutlich ersehen lassen, sowie von dem Schaltbrette, mit welchem Versuche über Stromstärken und Widerstände in verzweigten Leitern durchgeführt wurden.

6. Das Modell der Prismenfernrohre dient dazu, die

bildumkehrende und näherrückende Wirkung der in den gewöhnlichen Prismenfernrohren, sowie in den Relieffernrohren verwendeten Prismensysteme zu demonstrieren.

7. Mit einem einfachen Schulapparate zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes wurde der Vortrag beschlossen. Der Apparat ist handlich und übersichtlich. Um einen zwischen Körnerspitzen laufenden Hohlzylinder ist nach Art des PRONY-schen Zaumes ein Bremsklötz gelegt, der durch Reibung mitgenommen wird, wenn der Hohlzylinder gedreht wird. Ein an dem Bremsklotz angebrachter Zeiger zeigt dabei auf einer nach Grammen geteilten Skala, und die während des Versuches geleistete Arbeit wird infolge der besonderen Einrichtung der Skala einfach gefunden, indem man die Angabe des Zeigers mit der Tourenzahl multipliziert. Die dieser Arbeit entsprechende Wärmemenge ergibt sich aus der Menge des in dem Hohlzylinder befindlichen Wassers und der erzielten Erwärmung desselben. Selbstverständlich ist auch die Erwärmung des Zylinders und des Bremsklotzes in Rechnung zu setzen.

Die vorgeführten Apparate arbeiteten exakt und die große Zahl der in so kurzer Zeit durchgeführten Versuche läßt erkennen, daß die Apparate besonders dort mit Vorteil zu verwenden sein werden, wo mit der Unterrichtszeit gespart und unnützer Zeitverlust vermieden werden muß.

Einzelne der vorgeführten Apparate sind allerneuesten Ursprungs, einige andere finden sich in der von der Firma W. J. ROHRBECKS Nachfolger, Wien I herausgegebenen Schrift „Beiträge zur Experimentalphysik“ eingehend beschrieben. Diese Schrift wird von der genannten Firma, welche in der mit dem Naturforschertage verbundenen Ausstellung die meisten HARTLschen Apparate vorgeführt hatte, an Fachmänner kostenlos abgegeben.

Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung und des Molekulargewichts von verflüssigtem Stickstoffoxydul;

von Leo Grunmach[1]).

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 219.)

In zwei früheren auf den Naturforscherversammlungen zu Aachen und zu Hamburg gehaltenen Vorträgen[2]) habe ich gezeigt, daß man die Kapillarwellenmethode zur genauen Bestimmung der Oberflächenspannungen und Molekulargewichte verflüssigter Gase anwenden kann. In diesem Vortrage will ich mir erlauben, als Fortsetzung meiner Untersuchungen auf diesem Gebiete über meine mit Stickstoffoxydul ausgeführten Versuche[3]) in Kürze zu berichten. Das verflüssigte Stickstoffoxydul wurde als chemisch rein (frei von Stickoxyd und Sauerstoff) von der englischen Firma Ash and Sons in Stahlbomben bezogen. Aus der Bombe wurde es zunächst durch ein mit konzentrierter Schwefelsäure gefülltes Trockengefäß und aus diesem in einen als Kondensationsgefäß dienenden ERLENMEYERschen Kolben geleitet, dessen Deckel mit zwei Bohrungen für das Zuleitungsrohr und für ein Pentanthermometer versehen war. Das Kondensationsgefäß stand auf einem Glasdreifuß innerhalb eines großen aus zwei konzentrischen Zylindern gebildeten Doppelgefäßes, dessen Zwischenräume durch Watte ausgefüttert waren. Als Abkühlungsflüssigkeit im inneren Zylinder wurde Petroläther benutzt, der durch Eingießen von flüssiger Luft bei beständigem Umrühren auf -93 bis -95^{0} C

[1]) L. GRUNMACH, Berl. Ber. 1904, S. 1198.

[2]) L. GRUNMACH, Verh. D. Naturf. u. Ärzte 1900, S. 14 u. 1901, S. 51. Berl. Ber. 1900, S. 829 und 1901, S. 914.

[3]) Diese Versuche sind von mir zum größten Teile ausgeführt worden im anorganischen Laboratorium der Technischen Hochschule. Dem Vorsteher desselben, Herrn Prof. Dr. ERDMANN, spreche ich für sein gefälliges Entgegenkommen, ferner meinen Assistenten, den Herren Dr. WILHELM RADEBOLDT und FRANZ WEIDERT, für die mir gewährte Unterstützung meinen verbindlichsten Dank aus.

abgekühlt wurde, während die Temperatur im Kondensationsgefäß einige Grade höher gehalten wurde. Da Kondensations- und Erstarrungstemperatur des Stickstoffoxyduls nahe aneinander liegen, muß sowohl die Abkühlung wie das Zuströmen des Gases sehr genau reguliert werden, um ein Erstarren des kondensierten Stickstoffoxyduls und ein Verstopfen des Zuleitungsrohres zu verhüten. Das so verflüssigte Stickstoffoxydul wurde durch Filter in das zur Beobachtung dienende halbkugelförmige DEWARsche Gefäß hineinfiltriert, welches möglichst erschütterungsfrei auf einem, die Grundplatte des Stimmgabelstativs durchsetzenden, also unabhängig von ihm fest aufgestellten, Dreifuß ruhte.

Die Versuchsanordnung und die Methode der Beobachtung war die gleiche wie bei meinen früheren Versuchen[1]), nur habe ich diesmal zur Berechnung der Oberflächenspannung aus der allgemeinen Gleichung:

$$\alpha = \frac{\sigma n^2 \lambda^3}{2\pi} - g\frac{\lambda^2 \sigma}{4\pi^2} \text{ Dynen/cm},$$

in welcher σ die Dichte, n die Schwingungszahl, λ die Wellenlänge und g die Erdbeschleunigung bedeuten, auch das von der Schwere herrührende Korrektionsglied berücksichtigt, dessen numerischen Einfluß ich an anderer Stelle diskutiert habe[2]).

Als erregende Stimmgabel diente wieder die mit P. T. R. II 38 bezeichnete; sie war inzwischen zu Kapillarmessungen auf flüssigem Brom und flüssigem Jod benutzt und durch deren Dämpfe etwas angegriffen worden und wurde deshalb von neuem von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüft mit dem Ergebnis, daß ihre Gleichung jetzt ist:

$$n_t = 253{,}01 - 0{,}025\,(t - 19{,}1)^3).$$

Als Siedepunkt des Stickstoffoxyduls geben CAILLETET und COLARDEAU[4]) den Wert — 88,8° C an ohne nähere Angabe

[1]) L. GRUNMACH, l. c., ferner Ann. d. Phys. (4) **3**, 659, 1900; **9**, 1262, 1902.

[2]) L. GRUNMACH, Wissenschaftl. Abhandl. d. Kaiserl. Normal-Eichungs-Kommission, Heft III, S. 107, 125 u. ff.

[3]) Die erste vor neun Jahren ausgeführte Prüfung hatte ergeben:

$$n_t = 253{,}13 - 0{,}025\,(t - 19{,}1).$$

[4]) L. CAILLETET u. E. COLARDEAU, C. R. **106**, 1189, 1888.

des zugehörigen Barometerstandes, während RAMSAY und SHIELDS [1]) bei Atmosphärendruck den Wert — 89,8° C finden. Da meine Beobachtungen bei den Barometerständen $\beta_0 = 741{,}1$ mm und $\beta_0 = 753{,}3$ mm ausgeführt worden sind, so habe ich den Siedepunkt besonders bestimmt und gefunden — 89,4° C bei $\beta_0 = 741{,}1$ mm.

Als Thermometer diente hierzu ein von C. RICHTER aus Jenenser Glas 16 III hergestelltes, von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüftes Pentanthermometer P. T. R. II 20286. Unter Annahme der von CAILLETET [2]) früher mitgeteilten Daten über die Tension des Stickstoffoxyduls, nämlich daß einer Druckdifferenz von 0,1 Atm. eine Temperaturdifferenz von 2° C entspricht, ergibt sich dann als Siedepunkt für den Barometerstand $\beta_0 = 753{,}3$ mm der Wert — 89,1° C.

Für die Dichte des verflüssigten Stickstoffoxyduls liegen ältere Beobachtungen vor von ANDRÉEFF [3]), aus denen er die Formel ableitet:

$$\sigma = 0{,}9368 - 0{,}0039\,t$$

und neuere Beobachtungen von L. CAILLETET und E. MATHIAS [4]), die sie durch die Gleichung darstellen:

$$\sigma = 0{,}342 + 0{,}00166\,t + 0{,}0922\sqrt{36{,}4 - t}.$$

Hierbei ist indessen zu bemerken, daß die Beobachtungen von ANDRÉEFF sich nur auf das Temperaturintervall von — 7 bis + 20° C und diejenigen von CAILLETET und MATHIAS auf das Temperaturintervall von 20,6 bis + 24° C erstrecken. Deshalb habe ich auch die Dichte bei der Siedetemperatur besonders bestimmt mittels der MOHRschen Wage und bei $t = -89{,}4°$ C den Wert gefunden $\sigma = 1{,}2257$, einen Wert, der übrigens gut übereinstimmt mit dem aus der CAILLETET-MATHIASschen Gleichung für $t = -89{,}4°$ C extrapolierten Wert für die Dichte des flüssigen Stickstoffoxyduls (1,2277). Für die zweite dem Barometerstande $\beta_0 = 753{,}3$ mm entsprechende Beobachtungstemperatur — 89,1° C ergibt sich dann unter Benutzung jener Formel $\sigma = 1{,}2250$.

Es mag besonders hervorgehoben werden, daß die Siedepunkts- und Dichtebestimmungen bei Anwendung langer zylin-

[1]) W. RAMSAY u. J. SHIELDS, Journ. Chem. Soc. 1893, S. 833.
[2]) L. CAILLETET, Arch. de Genève 66, 16, 1878.
[3]) E. ANDRÉEFF, Liebigs Ann. 110, 1, 1859.
[4]) L. CAILLETET et E. MATHIAS, Journ. de Phys. (5) 2, 549, 1886.

drischer DEWARscher Gefäße große Vorsicht und Sorgfalt erheischen wegen der Siedeverzugserscheinungen, die explosionsartig auftreten, wenn das Thermometer oder der Schwimmkörper der MOHRschen Wage die innere Wandung des DEWARschen Gefäßes berührt. Um nun zur Mitteilung der Ergebnisse der eigentlichen Kapillarwellenmessungen überzugehen, so sind drei unabhängige Beobachtungsreihen ausgeführt worden, deren jede wieder aus 10 bis 15 gut untereinander übereinstimmenden Einzelbeobachtungen bestand. In der folgenden tabellarischen Zusammenstellung sind nur die Mittelwerte der drei Beobachtungsreihen mitgeteilt. Die Bedeutung der einzelnen Kolumnen ist aus den einzelnen Überschriften ersichtlich. Zu Kolumne 5 sei nur hinzugefügt, daß die darin mitgeteilten Werte der Spitzenentfernung der Stimmgabel in Mikrometerpartes die Mittelwerte der Messungen sind, welche am Anfange und am Schlusse jeder Beobachtungsreihe ausgeführt worden sind, und daß diese Spitzenentfernung andererseits mittels des Horizontalkomparators zu 20,5854 mm bestimmt worden war.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nummer der Beobachtungsreihe	Reduzierter Barometerstand in mm	Zugehörige Siedetemperatur des flüssigen N_2O in °C	Entsprechende Dichte des flüssigen N_2O	Mittlere Spitzenentfernung in Mikrometerpartes	Mittlere Wellenlänge λ in Mikrometerpartes	Mittlere Temperatur t der Stimmgabel	Schwingungszahl n der Stimmgabel bei der Temperatur t	Spezifische Kohäsion a^2 in cm²	Oberflächenspannung α in Dynen/cm
1.	741,1	— 89,4	1,2257	1732,0	108,60	13,1	253,16	43,038	26,376
2.	741,1	— 89,4	1,2257	1731,4	108,738	13,75	253,14	43,245	26,503
3.	753,3	— 89,1	1,2250	1733,7	108,316	10,75	253,22	42,593	26,089

Man erhält demgemäß für die mittlere beobachtete Siedetemperatur — 89,3° C im Mittel

als spezifische Kohäsion des verflüssigten N_2O: $a^2 = 42{,}959$ cm² und als Oberflächenspannung des verflüssigten N_2O: $\alpha = 26{,}323$ Dynen/cm.

Nun ergibt sich aus der Gleichung für die molekulare Oberflächenenergie:

$$\alpha v^{2/3} = 2{,}27\,(\theta - t),$$

in welcher v das Molekularvolumen, θ die kritische und t die Beobachtungstemperatur der Flüssigkeit bedeuten, für das Molekulargewicht M die Gleichung:

$$M = \sigma \sqrt{\left(\frac{2{,}27\,(\theta - t)}{\alpha}\right)^3}.$$

Für die kritische Temperatur des Stickstoffoxyduls liegen in der Literatur zwei Bestimmungen vor, die eine von JANSSEN [1]), welcher den auch von CAILLETET und MATHIAS [2]) bei ihren Untersuchungen über die Dichte verflüssigter Gase angenommenen Wert $\theta = 36{,}4^0$ C angibt, und eine zweite von DEWAR [3]), welcher $\theta = 35{,}4$ beobachtet hat. Setzt man in die obige Gleichung für das Molekulargewicht der Reihe nach die in der vorigen Tabelle enthaltenen Werte für Dichte, Siedetemperatur und Oberflächenspannung ein, so erhält man, je nachdem man $\theta = 35{,}4$ oder $\theta = 36{,}4$ setzt, folgende Reihe des Molekulargewichts für das verflüssigte Stickstoffoxydul:

Für die kritische Temperatur:

	$\theta = 35{,}4$	$\theta = 36{,}4$
M_{N_2O} =	43,26	43,79
	42,84	43,35
	43,68	44,21
Im Mittel:	**43,26**	**43,78**

Vereinigt man die beiden Werte zu einem Hauptmittel **43,52**, so erhält man für das Molekulargewicht des verflüssigten Stickstoffoxyduls einen Wert, der außerordentlich gut mit dem des gasförmigen, nämlich 44,08, übereinstimmt. Die Abweichung fällt innerhalb der Genauigkeitsgrenzen unserer Kenntnis der kritischen und Siedetemperatur. Wir können demnach aus den mitgeteilten Versuchen schließen, daß Stickstoffoxydul, ebenso wie schweflige

[1]) W. J. JANSSEN, Inaugural-Dissertation, Leiden 1877. Rep. Brit. Assoc. 1876, S. 211. Vgl. auch F. ROTH, Wied. Ann. 11, 1 u. 29, 1881.
[2]) L. CAILLETET u. E. MATHIAS, l. c.
[3]) J. DEWAR, Phil. Mag. (5) 18, 210, 1884.

Säure und Ammoniak[1]) im gasförmigen und im flüssigen Zustande dasselbe Molekulargewicht besitzen[2]).

---

[1]) L. Grunmach, Berl. Ber. 1900, S. 1837.

[2]) Auf Veranlassung von Herrn van der Waals hat bereits im Jahre 1895 Herr J. Verschaffelt Messungen kapillarer Steighöhen von flüssigem Stickstoffoxydul innerhalb des Temperaturintervalls + 4,4 bis — 24,0 angestellt, aus denen hervorgeht, daß die Eötvössche Konstante innerhalb dieses Intervalls den Wert 2,198 hat (Communic. from the Phys. Labor. Leiden, No. 18, S. 12, 1895).

Vorführung eines Apparates zur Demonstration stehender und interferierender Wellen;

von W. Schmidt.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 219.)

Mit dem hier stehenden Apparat wird in erster Linie der Zweck verfolgt, den Vorgang der Reflexion eines Wellenzuges zu veranschaulichen. Denn die Reflexion eines selbst mit mäßiger Geschwindigkeit fortschreitenden Wellenzuges, z. B. einer Seilwelle am festen Ende, geht doch noch so schnell vor sich, daß man die einzelnen Stadien der Bewegung ohne besondere Hilfsmittel nicht verfolgen kann.

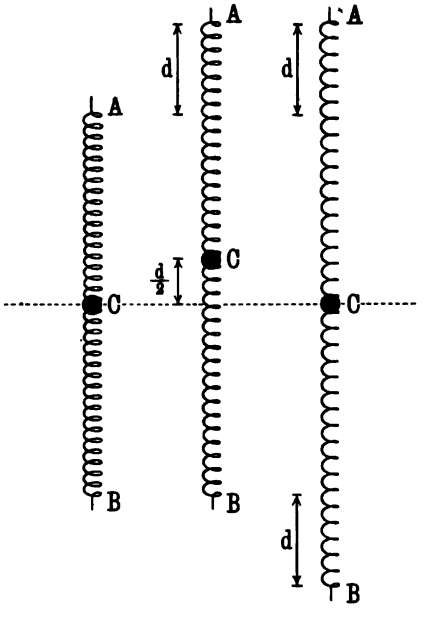
Die aus der Übereinanderlagerung zweier in gleicher Richtung fortschreitender Wellen entstehende Wellenform kann man sich verhältnismäßig einfach durch Zeichnung oder die Apparate von PFAUNDLER, GRIMSEHL u. a. klar machen. Um das Zustandekommen stehender Wellen mit der Übereinanderlagerung zweier in entgegengesetzter Richtung fortschreitenden Wellen zu zeigen, gebraucht man gewöhnlich die von MELDE [1]) angegebene Wellentafel. Auf einer Grundplatte können parallel zueinander zwischen Leisten zwei Pappstreifen verschoben werden, der eine nach links, der andere nach rechts. Auf den Streifen sind z. B. Sinuslinien gezeichnet. Man erhält die für eine bestimmte Zeit geltende Wellenform, indem man die Ordinaten der übereinander befindlichen Wellen addiert und auf die Wandtafel aufzeichnet. Dann verschiebt man die Streifen in entgegengesetzter Richtung um ein gleiches Stück und konstruiert ebenfalls wieder die resultierende Welle. So fährt man fort, bis man den ganzen Verlauf der Welle dargestellt hat.

Natürlich ist das ziemlich mühsam und gibt doch noch kein gutes Bild der Bewegung, da man eben nur immer eine Anzahl zeitlich getrennter Momente betrachten kann. Eine kontinuierliche Bewegung würde man erhalten, erstens: durch eine mecha-

[1]) Vgl. z. B. MÜLLER-POUILLETS Lehrbuch der Physik, 9. Aufl., S. 665. Braunschweig 1886.

nische Vorrichtung zum gleichmäßigen Vorschieben der Leisten, und zweitens: durch eine selbsttätige Addition der Wellenordinaten. — Die gleichmäßige Verschiebung in entgegengesetzter Richtung ist sehr leicht durch ein Zahnrad mit zwei Triebstangen zu erreichen. — Die selbsttätige Addition der Ordinaten wird auf folgende Weise erreicht. — Eine gespannte Stahlspirale (vgl. Fig. 1[1]) trägt in ihrer Mitte die Kugel C und ist in den Punkten A und B befestigt, die in Richtung der Spiralachse AB nach oben und unten bewegt werden können. Wird A um ein bestimmtes Stück verschoben, so geht C um $d/2$ im gleichen Sinne mit. Dasselbe tritt ein, wenn B bewegt wird. Wird A und B um gleichviel nach oben bewegt, so geht die Kugel um dasselbe Stück mit, dagegen bleibt sie stehen, wenn A und B um das gleiche Stück nach verschiedenen Seiten bewegt werden. Die Verschiebung von C ist immer das arithmetische Mittel der Verschiebungen von A und B. — Bei unserem Apparat (vgl. Fig. 2 und 3) nun liegen 21 Stahlspiralen nebeneinander. Ihre Endpunkte werden gezwungen, sich der jeweiligen Form einer oberen bzw. einer unteren Wellenlinie anzupassen. Die Kugeln in der Mitte geben uns ein Bild der resultierenden Wellenform. — Daß wir übrigens nur die halbe, nicht die ganze Summe der Einzelverschiebungen bekommen, macht nichts aus, da bloß das Verhältnis der resultierenden Ordinaten zueinander von Bedeutung ist. Übrigens hätte es sich durch andere mechanische Vorrichtungen erreichen lassen, daß die mittlere Kugel um das-

Fig. 1.

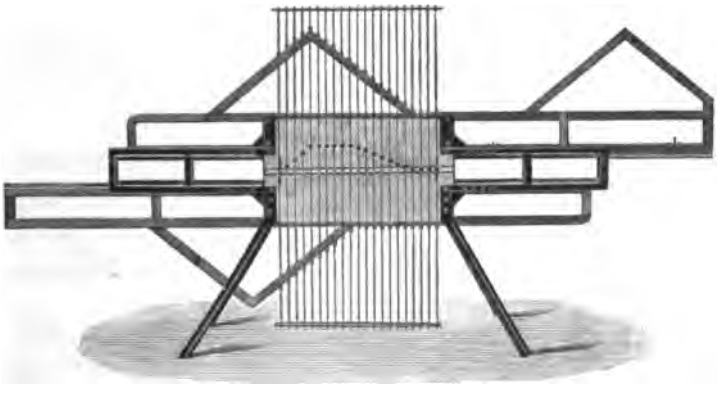


[1]) Die Stahlspiralen (vgl. Fig. 1), an denen die Kugeln hängen, kommen wegen ihrer Feinheit in den Figuren schlecht zur Geltung.

selbe Stück wie die Endpunkte vorwärts rückte. Ich habe jedoch diese Federkonstruktion angewandt, weil sich auf diese Weise am besten veranschaulichen läßt, wie zwei auf einen Punkt wirkende Kräfte — denn durch die elastischen Federn werden ja Spannkräfte auf die Kugeln ausgeübt — sich summieren.

Die geradlinige Führung von A und B geschieht durch ⌐-förmig gebogene Aluminiumbleche, die längs Stahldrähten verschiebbar sind. Jedes Aluminiumblech ist durch eine Querstange mit einem symmetrischen Blech verbunden, das ebenfalls längs eines Stahldrahtes verschiebbar ist und durch eine auf der Rückseite des Apparates befindliche Feder angezogen wird. Auf diese Weise ist erreicht, daß die Führungsbleche nicht einseitig an die Stahldrähte angepreßt werden, sondern sich mit ganz geringer Reibung verschieben lassen.

Fig. 2.



Wellenapparat mit Schablone „Reflexion einer Seilwelle am festen Ende“ [1]).

Die Wellenformen sind aus Holzleisten hergestellt und lassen sich auf federnde Stifte der messingnen Triebstangen stecken. Diese sind zwischen Führungen beweglich und lassen sich mit Hilfe von Zahnrad und Kurbel leicht hin und her schieben.

Zunächst will ich den Vorgang der Reflexion einer Seilwelle am festen Ende zeigen. Das Seil wird durch die in der Mitte befindlichen Kugeln bezeichnet; der feste Endpunkt soll mit der

[1]) Die Stahlspiralen (vgl. Fig. 1), an denen die Kugeln hängen, kommen wegen ihrer Feinheit in den Figuren schlecht zur Geltung.

äußersten Kugel links zusammenfallen (vgl. Fig. 2). Nach rechts hin denken wir uns das Seil vorläufig beliebig weit verlängert. Von rechts kommt eine Welle, die sich durch eine einfach gebrochene Linie graphisch darstellen lassen soll, an das feste Ende heran. Solange sie dieses nicht berührt, ist die entstehende Störung ja ohne weiteres verständlich. Kommt nun die Welle an das Ende heran, so wird dieses nur dann in Ruhe bleiben können, wenn dem ersten Wellenzug mit derselben Geschwindigkeit ein zweiter entgegenläuft, der so beschaffen ist, daß die Amplituden der ankommenden und reflektierten Welle im Endpunkte jeweilig die Summe 0 bilden. Den zweiten Wellenzug erhalten wir bekanntlich aus dem ersten durch zweimalige Spiegelung, erst an der durch den Endpunkt gehenden Vertikalen, dann an der Horizontalen. Oder mathematisch: Läßt sich der ursprüngliche Wellenzug durch die Funktion

$$F(ct - x)$$

darstellen, wo c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle, t die Zeit und x die Abszisse bedeutet, so wird der reflektierte Wellenzug die Form haben:

$$-F(ct + x).$$

Der reflektierte Wellenzug ist durch die auf dem unteren Trieb befestigte Holzform dargestellt. Dreht man die Kurbel, so sieht man, wie sich die beiden Wellenzüge überlagern und wie dabei der Endpunkt links in Ruhe bleibt, trotzdem sich die Befestigungspunkte der letzten Feder auf und ab bewegen.

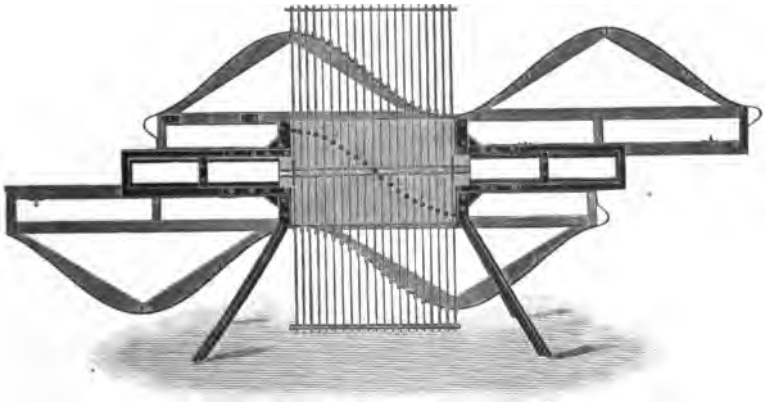
Ich will jetzt so lange an dem Triebrade drehen, bis der Anfangspunkt der unteren Welle an die letzte Kugel rechts herankommt. Soll auch diese für alle Zeiten in Ruhe bleiben, so muß dem unteren Wellenzug wieder von rechts her ein zweiter entgegenlaufen, der sein zweimaliges Spiegelbild ist. Dieses Spiegelbild ist nun unserem ursprünglichen Wellenzuge kongruent und gegen denselben um das Doppelte der Entfernung l der beiden Endpunkte verschoben. Mathematisch: Die Funktionen $F(ct - x)$ und, weil ja die einmal angefangene Bewegung immer weitergeht, auch die Funktion $F(ct + x)$ muß um $2l = c.T$ periodisch sein. T bedeutet die Dauer der Periode.

Da sich nun eine periodische Funktion stets in eine Summe einfacher harmonischer Funktionen, d. h. eine FOURIERsche Reihe,

entwickeln läßt, so wird durch diese Konstruktion ohne weiteres klar, daß der Grundton einer Saite von der Länge l die Periode $T = \frac{2l}{c}$ haben muß und daß die Wellenlänge λ der Grundschwingung gleich der doppelten Saitenlänge ist.

Ich will jetzt das Bild der gezupften Saite zeigen. Die Saite soll in einem Punkt, der um ein Drittel der Saitenlänge vom linken Endpunkt absteht, in die Höhe gezogen und dann losgelassen sein. Anfangs haben wir eine einfach gebrochene Linie. Nach Beginn der Bewegung teilt sich der eine Eckpunkt in zwei, der eine läuft nach links, der andere nach rechts, und die Saite nimmt nach und nach all die Formen an, wie sie aus den Lehrbüchern der theoretischen Physik bekannt sind (vgl. z. B. HELMHOLTZ, Vorl. 3, 116).

Fig. 3.



Wellenapparat mit Schablone „Grundschwingung des inmitten festgeklemmten Stabes".

Ich habe noch eine Wellenform (vgl. Fig. 3) — die Holzschablonen sind hier kongruente Sinuslinien — durch die man die Grundschwingung einer beiderseitig offenen Röhre oder eines inmitten festgeklemmten Stabes veranschaulichen kann. Hier sind die Endpunkte Bäuche, der Mittelpunkt ein Knoten der Schwingung.

Aber man kann auch durch eine einfache Vorrichtung die Interferenz zweier in gleicher Richtung fortschreitenden Wellen zeigen. Die obere Holzform (vgl. Fig. 3) wird ohne Trieb in die Führungsleisten geschoben und durch ein Verbindungsstück mit der

unteren Holzform, an der sich der Trieb noch befindet, zusammengekoppelt. Die Koppelung kann durch horizontale Löcher (in Fig. 3 erkenntlich) in der oberen Wellenform so geschehen, daß wir bestimmte Phasendifferenzen der beiden Wellenzüge haben. Bei Phasendifferenz von einer halben Wellenlänge bleiben trotz Fortschreiten beider Wellenzüge die Kugeln stets in Ruhe, bei Phasendifferenz von einer viertel Wellenlänge resultiert ein Wellenzug, dessen Nullpunkt gegen den Nullpunkt der erzeugenden Wellen verschoben und dessen Amplitude kleiner, als die Amplitude der erzeugenden Wellen ist. Bei Phasendifferenz von 0 ist der Nullpunkt nicht verschoben und die Amplitude gerade so groß wie bei den erzeugenden Wellen.

Schließlich läßt sich noch mit diesem Apparat die Übereinanderlagerung zweier Sinuslinien von verchiedener Periode zeigen. Oben schiebt man z. B. eine Wellenform von der Halbwellenlänge $\frac{\lambda}{2} = 30\,\text{cm}$ und der Amplitude $A = 16\,\text{cm}$ ein; unten eine Wellenform von $^1/_2$ Periode und $^1/_3$ Amplitude ein. Je nach dem Phasenunterschied bekommt man verschiedene Bilder. — Nimmt man unten eine Wellenform von $^1/_3$ Periode und $^1/_9$ Amplitude der oben befindlichen, so resultiert eine Kurve, die sich einmal der Form der in der Mitte gezupften Saite, das andere Mal einem Halbkreis nähert.

Zum Schluß möchte ich bemerken, daß bereits im Jahre 1857 ein Thüringer Orgelbauer SCHULZE einen Apparat konstruiert hat, mit dem man ebenfalls durch die gegenseitige Verschiebung zweier Holzleisten stehende Wellen erzeugen konnte. Freilich ist aus der Abbildung in Pogg. Ann., C, Tafel VII, nicht zu ersehen, wie der Mechanismus beschaffen war. Eine Anfrage bei der Firma ERNECKE-Berlin, in deren älteren Katalogen der SCHULZEsche Wellenapparat geführt wurde, brachte mir ebenfalls nicht die gewünschte Auskunft; denn der Apparat ist von ERNECKE niemals ausgeführt worden.

Der beschriebene Apparat wird in ähnlicher Ausführung durch den Mechaniker W. SCHMIDT[1]) in Gießen zum Preise von M. 120 angefertigt.

[1]) Nicht identisch mit dem Verfasser.

Über einen Apparat zur Messung der Kimmtiefe, einen neuen zerlegbaren Theodoliten und Phototheodoliten, die stereo-photogrammetrische Küstenvermessung vom Schiff aus und eine neue Art der Vergleichung photographischer Sternaufnahmen;

von C. Pulfrich.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 20. September 1904.)

(Vgl. oben S. 218.)

Der Kimmtiefenmesser (ausführlich beschrieben in der ZS. f. Instrkde. 24, 228, 1904) ist für die Nautik insofern von Bedeutung, als er die Möglichkeit gewährt, die Abweichung des Meereshorizontes von dem mathematischen Horizont nach Größe und Vorzeichen schnell und sicher zu bestimmen, was bisher nicht oder nur sehr unvollkommen möglich war. Diese Abweichung läßt sich nach neueren Untersuchungen von Koss nicht mit der gewünschten Genauigkeit aus der Höhe des Standpunktes des Beobachters über der Meeresoberfläche berechnen, es kommen nach den angegebenen Untersuchungen Abweichungen bis zu 15′ von dem normalen Werte vor. Der vorliegende Apparat, der in zwei verschiedenen Modellen vorgeführt wurde — der eine mit Mikrometer, der andere mit direkter Ablesung im Okular — beruht auf der Anwendung eines aus zwei kreuzweise zu einander gestellten Spiegeln bestehenden Winkelspiegels, welcher die beiden seitwärts vom Beobachter gelegenen Meereshorizonte in konstantem, von der Stellung des Instrumentes auf hoher See unabhängigen Abstande gleich der doppelten Kimmtiefe erscheinen läßt. Das Vorzeichen ergibt sich ohne weiteres aus der Beobachtung, ob Wasser oder Luft sich zwischen den Kimmen befindet. Der Apparat ermöglicht somit, die mit dem Sextanten gemessene Höhe der Sonne oder eines Sternes um eine bisher in hohem Maße unsichere Korrektionsgröße zu berichtigen und ist daher für die genaue Ortsbestimmung auf dem Meere von Wert.

Der vom Vortragenden ebenfalls vorgeführte neue Theodolit ist im Interesse des bequemeren Transportes und der Erhaltung der Justierung in zwei Teile zerlegbar, die dann an Ort und Stelle leicht wieder zusammengesetzt werden können. Die Zerlegbarkeit erstreckt sich auch auf das Fernrohr, das horizontal gelagert ist, und dem ein sogenanntes PRANDTLsches Reflexionsprisma mit konstantem Ablenkungswinkel (genau 90°) wegschlagbar vorgelagert ist. Das Fernrohr ist zusammen mit dem Prisma um die eigene Achse drehbar. Seine Horizontalstellung erfolgt ohne Libelle nach Einstellung auf ein frei herabhängendes Lot. Dadurch, daß sich das in seinem Ablenkungswinkel absolut unveränderliche Reflexionsprisma nach Belieben von dem Fernrohrobjektiv entfernen läßt, ist die Möglichkeit gegeben, selbst die achsiale Lage des Fadenkreuzes zur optischen Achse und zur Drehungsachse zu prüfen und zu berichtigen. Der Theodolit ist ebenfalls für Polhöhenmessungen in hohem Maße geeignet; außerdem dient er in Verbindung mit dem neuen Phototheodoliten zur Messung der Standlinie bei stereo-photogrammetrischen Landschaftsaufnahmen und zur Erfüllung der hierfür gestellten Anforderungen an die Aufstellung der photographischen Cameras. Auch dieser Apparat wurde an einem ausgestellten Exemplar erläutert und die Art seiner Aufstellung und Justierung dargelegt.

Der Vortragende gab dann einen Überblick über die Grundlagen und Vorteile der von ihm zuerst vor etwa drei Jahren vorgeschlagenen stereo-photogrammetrischen Methode und über die Fortschritte, welche in neuester Zeit in bezug auf die praktische Verwertung der Methode für die Landesvermessung zu verzeichnen sind [1]). Dem ersten im vorigen Jahre in Gemeinschaft mit dem Vortragenden gemachten Versuche des inzwischen leider verstorbenen Herrn Generalmajors SCHULZE, Chef der Topographischen Abteilung der Landesaufnahme, durch welchen in erster Linie die Richtigkeit der Überlegungen und die praktische Verwendbarkeit der Methode dargetan wurden, folgte auf dem Fuße die eigentliche Einführung derselben in die Praxis durch Herrn Oberst

[1]) Man vergleiche die ausführlichen Darlegungen des Vortragenden in der ZS. f. Instrkde. 1901 bis 1904.

VON HÜBL vom Militärgeographischen Institute in Wien[1]). Der Vortragende legte einige der in Wien mit dem Stereo-Komparator ausgemessenen stereo-photogrammetrischen Aufnahmen und die nach diesen Bildern angefertigten Pläne (1:25000) vor, die den gewaltigen Fortschritt, welche die Nutzanwendung der Methode durch Herrn VON HÜBL erfahren hat, sofort erkennen ließen. Zeigen dieselben doch, daß man mit einer Standlinie von 200 bis 300 m selbst bis auf Entfernungen von 12 km noch richtige Höhenkurven konstruieren und die Formation des Landes erkennen und im Plane festlegen kann.

Nach dem Vorgange des Herrn VON HÜBL hat neuerdings auch das 3. Genie-Regiment in Rom (Herr Major MARIO MORIS) mit der Einführung der stereophotogrammetrischen Methode in die Praxis begonnen.

An den Fortschritten der stereophotogrammetrischen Methode ist ferner in hohem Maße beteiligt sowohl durch eigene Arbeiten, als auch durch das unermüdliche und begeisterte Eintreten für dieselbe der Direkteur Honoraire du Conservatoire des Arts et Métiers in Paris, Herr Oberst LAUSSEDAT[2]), seit einer Reihe von Jahrzehnten der Dolmetsch aller auf die praktische Verwertung der Photogrammetrie in der Topographie, Architektur und Kunst gerichteten Bestrebungen, der gerade in den letzten drei Jahren trotz seines hohen Alters keine Gelegenheit vorübergehen läßt, um seine Landsleute in zahlreichen Vorträgen und Aufsätzen immer wieder auf die neueren und neuesten Errungenschaften der Stereophotogrammetrie aufmerksam zu machen.

Eine weitere Nutzanwendung der stereo-photogrammetrischen Methode, insonderheit zur Küstenvermessung vom Schiffe aus, auf die schon in verschiedenen Zeitschriften des In- und Auslandes seit den letzten Jahren wiederholt hingewiesen worden ist, ist zu verzeichnen in einem Versuche, den die nautische Abteilung des Reichsmarineamtes in Berlin in diesem Herbste

[1]) Im einzelnen sei verwiesen auf die beiden HÜBLschen Aufsätze: „Die Stereophotogrammetrie", Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes, Wien, 22, 1, 1903; „Die stereophotogrammetrische Terrainaufnahme", ibid., 23, 1, 1904.

[2]) Man vergleiche insonderheit sein größeres Werk „Recherches sur les instruments, les methodes et le dessin topographiques", dessen zweiter (Schluß-) Band soeben, Paris 1903, erschienen ist.

in der Nord- und Ostsee zur Ausführung gebracht und an dem der Vortragende sowohl zum Zwecke der erstmaligen Erprobung der von ihm konstruierten stereo-photogrammetrischen Apparate an Bord eines Schiffes, als auch zur Prüfung der von ihm vorgeschlagenen Methode der Ausmessung solcher Aufnahmen teilgenommen hat. An eine Verwendung von Libellen ist an Bord eines Schiffes natürlich nicht zu denken. Die Justierung der beiden an den Enden des Schiffes an der Steuerbordseite aufgestellten Phototheodolite erfolgt durch gegenseitiges Anvisieren der gegenüberliegenden Stationspunkte mit Hilfe von Haltefernrohren, die in fester Verbindung mit den Phototheodoliten sich befinden und unter trigonometrischem Anschluß an eine durch die beiden Stationen und eine seitlich angebrachte Marke gelegte Ebene, so daß die Erfüllung der für stereo-photogrammetrische Aufnahmen gestellten Bedingung, daß die Platten in einer Ebene gelegen sind, jederzeit unabhängig vom Bewegungszustande des Schiffes möglich ist. Zur Orientierung des nach den beiden Aufnahmen — die Aufnahme erfolgt elektrisch für beide gleichzeitig — ausgemessenen Raumbildes dienen die Wasseroberfläche selbst und die durch sie gelegten horizontalen Schnittlinien, welche dann das Mittel darbieten für die im übrigen sehr einfache konstruktive Herstellung des Planes in der Horizontalprojektion der Küstenlandschaft.

Die erste Küstenaufnahme dieser Art erfolgte am 13. August d. J. von Bord S. M. S. „Hyäne“ aus während der Fahrt gegenüber Altenbruch bei Cuxhaven. Die Standlinie betrug 41,5 m. Innerhalb der durch die Standlinie und die Brennweite der photographischen Apparate gegebenen Genauigkeitsgrenzen wurde der nach den beiden Aufnahmen angefertigte Plan in Übereinstimmung mit anderen vorhandenen Plänen gefunden. Die Aufnahmen sind auch noch in mancherlei anderer Hinsicht von Bedeutung, insonderheit für Wolkenhöhenmessungen und für die Untersuchung des Formzustandes der bewegten Wasseroberfläche[1]). Über diese zuletzt erwähnte Untersuchung der Meereswellen wird Herr Dr. Kohlschütter vom Reichsmarineamt noch eingehend berichten. Ein besonderes Interesse bieten diese Aufnahmen auch dadurch, daß

[1]) Man vergleiche die Arbeit des Herrn Geheimen Admiralitätsrats Rottock über Meereswellenbeobachtungen (Ann. d. Hydrographie usw. 1903, S. 329).

im Stereo-Komparator die Krümmung der Wasseroberfläche infolge der Kugelgestalt der Erde unmittelbar in die Erscheinung tritt.

Bei allen vorgenannten stereophotogrammetrischen Aufnahmen war die vom Vortragenden ursprünglich aufgestellte Bedingung, daß die Platten bei der Aufnahme in einer Ebene gelegen sind, erfüllt. Neuerdings hat Herr VON HÜBL damit begonnen, auch solche Aufnahmen zu verwerten, bei welchen die optischen Achsen unter sich parallel, aber zur Standlinie nach rechts oder links geneigt sind. Die Bearbeitung solcher Aufnahmen mit dem Stereo-Komparator ist nicht so einfach wie früher, insofern nämlich die Ebenen gleicher scheinbarer Entfernung jetzt die Form parabolischer Zylinder annehmen. Aber diese Schwierigkeiten, welche nur eine etwas umständlichere Konstruktion notwendig machen, sind gering anzuschlagen gegenüber dem großen Vorteil, daß man im Gebirge von zwei gegebenen Standpunkten aus auch die mehr seitwärts gelegenen Partien stereophotogrammetrisch bearbeiten kann. In ähnlicher Weise hat der Vortragende bereits vor zwei Jahren die von ihm untersuchten Pariser Mondphotographien bearbeitet. Die optischen Achsen waren hierbei unter rund 14° zueinander geneigt und die auf der Mondoberfläche erhaltenen Kurven gleicher scheinbarer Entfernung [1]) stellen sich dar als die Durchdringungskurven der Mondoberfläche mit der Oberfläche eines durch die beiden Standpunkte der Aufnahme und den Mond selbst gelegten Zylinders von kreisförmigem bzw. elliptischem Querschnitt. Der Vortragende zeigt an den von ihm vorgelegten Schnittkurven dieser Art, wie die Unregelmäßigkeiten der Mondoberfläche hierbei ohne weiteres in die Erscheinung treten. In der Tat läßt sich nach diesem Verfahren nicht allein die Höhe der einzelnen Mondberge ohne Rücksicht auf ihre Schattenlänge bestimmen; es bietet sich auch die Möglichkeit, auf diese Weise ein wirkliches Modell der Mondoberfläche zu konstruieren.

Zum Schlusse berichtete Dr. PULFRICH über ein neuerdings von ihm gefundenes Verfahren zum Vergleichen zweier Sternaufnahmen (ausführlich beschrieben in der ZS. f. Instrkde. 24, 161,

[1]) Vgl. die diesbezügliche Veröffentlichung des Herrn Oberst LAUSSEDAT im Bulletin de la Société Astronomique de France 1903, p. 395, sowie den von PULFRICH auf der Astronomischen Versammlung in Göttingen am 5. August 1902 gehaltenen Vortrag (V. J. 37, 211).

1904). Seit etwa drei Jahren nimmt die vom Vortragenden eingeführte Methode des stereoskopischen Vergleichs zweier Sternaufnahmen zum Zwecke der Erkennung von Bildverschiedenheiten, insonderheit zum Zwecke der Auffindung von Planeten, veränderlichen Sternen, Plattenfehlern und Parallaxen die erste Stelle ein, und ihr großer Wert für diese Zwecke ist durch eine Reihe von astronomischen Arbeiten experimentell bestätigt worden. Der Vortragende zeigt, daß diese Vorteile durchaus nicht an das stereoskopische Sehen gebunden sind. In der Tat existiert, wie der Vortragende neuerdings gefunden hat, noch eine andere Methode, die für die in Frage stehenden Aufgaben sogar noch leistungsfähiger ist als die stereoskopische Methode. Das Verfahren gründet sich auf die optische Vereinigung der beiden auf dem Stereo-Komparator liegenden Sternplatten in dem gemeinsamen Okular zweier Mikroskope. Die Bilder können daher nicht allein in beliebiger Über- und Nebeneinanderlagerung gleichzeitig betrachtet werden, sie lassen sich auch, und das ist das Wesentliche der neuen Methode, in rascher Aufeinanderfolge einzeln betrachten. Hierbei kommen dann die Ungleichheiten der beiden Platten durch Hin- und Herspringen der Sterne und ihrer Ränder bzw. ihr plötzliches Auftreten im Gesichtsfeld in viel aufdringlicherer Weise zur Geltung als im stereoskopischen Sehen, etwa nach Art des Blinkens der Leuchtfeuer am Meere, bzw. des Aufleuchtens der Reklameschilder in Städten usw. Im übrigen bleibt die Einrichtung des Stereo-Komparators unverändert, das Stereomikroskop und das monokulare Vergleichsmikroskop sind austauschbar, so daß jetzt auch diejenigen Personen, die nicht stereoskopisch sehen können, imstande sind, den Stereo-Komparator unter Zuhilfenahme der vorliegenden sogenannten Blinkmethode mit Vorteil für die genannten Zwecke zu verwenden.

Die Anwendbarkeit der vorliegenden Methode bleibt natürlich nicht auf den Vergleich zweier Sternplatten beschränkt. Sie eignet sich in hohem Maße auch für den Vergleich von Maßstäben und Sternspektren zur Erkennung und Messung etwaiger Verschiedenheiten, sowie ganz allgemein zur genauesten Prüfung der Identität von Münzen, Papierscheinen und Dokumenten, für welche bisher die stereoskopische Methode in erster Linie in Vorschlag gebracht worden ist. Über eine in der Ausführung begriffene

Spezialkonstruktion nach diesem Verfahren für die Untersuchung von Spektren und Maßstäben wird später berichtet werden.

Weshalb das vorliegende Verfahren für alle diese Aufgaben den Vorzug vor der stereoskopischen Methode verdient, ergibt sich aus dem Umstande, daß im stereoskopischen Sehen nur diejenigen Bildpunktsverrückungen als Tiefenunterschiede in die Erscheinung treten, die in der Richtung der Verbindungslinie der beiden Augen gelegen sind, während das vorliegende Verfahren auf jede beliebig gerichtete Differenz in gleicher Weise reagiert.

Die sämtlichen von der Firma CARL ZEISS in Jena hergestellten Instrumente wurden während der Dauer der Versammlung in der mit derselben verbundenen Ausstellung wiederholt den einzelnen Interessenten vorgeführt und erläutert.

Über einige Verbesserungen an automatisch wirkenden Quecksilberluftpumpen Sprengelscher Art;

von J. Rosenthal.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 219.)

Ich möchte Ihnen kurz über einige Verbesserungen berichten, welche ich an der SPRENGELschen Luftpumpe angebracht habe.

Bekanntlich hat Herr KAHLBAUM sich um die Vervollkommnung der SPRENGELschen Luftpumpe außerordentlich große Verdienste erworben; ihm ist es zu verdanken, daß die Vorzüge des SPRENGELschen Prinzips zur Erzeugung sehr hoher Vakua in relativ kurzen Zeiträumen erkannt wurden und solche Pumpen jetzt vielfach da Anwendung finden, wo früher TÖPLERsche benutzt wurden.

In seinen „Glossen zu der selbsttätigen Quecksilberluftpumpe" gibt Herr KAHLBAUM unter anderem als Resultat langjähriger Erfahrungen an, daß die Schnelligkeit der Wirkungsweise der SPRENGELschen Pumpe ganz allein von einem richtigen Abstimmen des Verhältnisses von Zufluß und Ablauf des Quecksilbers abhängt.

Ich habe zunächst diese Bedingungen bei der DONLEschen Ausführung der Sprengelpumpe möglichst zu erfüllen gesucht; bekanntlich zeichnet sich die DONLEsche Pumpe durch ihre außerordentliche Einfachheit und dadurch aus, daß sie nur ganz geringe Quecksilbermengen (zwischen 1 und 2 kg) bedarf.

Ich möchte, indem ich auf die Publikation DONLES in den Ann. d. Phys. (4) **10**, 313, 1903 verweise, nur daran erinnern, daß diese Pumpe im wesentlichen aus dem SPRENGELschen Fallrohr mit Quecksilbersammelgefäß, aus den beiden Luftfängen, dem Quecksilberablaufgefäß und dem ingeniösen DONLEschen Quecksilberabschluß des Dreiweghahnes besteht, der in äußerst einfacher Weise ermöglicht, den gefetteten Hahn durch Queck-

silberverschluß von der Pumpe abzuschließen, so daß also unschwer die hohes Vakuum besitzenden Teile frei von Fettdämpfen gehalten werden können.

Einen kleinen Nachteil des erwähnten Quecksilberverschlusses hat Herr Glasbläser EBERMAYER, der, was mir eine angenehme Pflicht ist hier zu erwähnen, mich bei der Konstruktion der Pumpe mit großem Geschick unterstützte, beseitigt, nämlich den, daß man leicht vergißt, das Kölbchen zu drehen, wenn man Luft in die Pumpe einlassen will; in diesem Falle würde nämlich das Quecksilber in die Pumpe geschleudert werden. Man kann nun durch die gegenseitige Anordnung von Kölbchen und Hahn, den letzteren in die betreffende Stellung gar nicht drehen, ohne das Kölbchen vorher in die richtige Lage gebracht zu haben.

An einer DONLEschen Pumpe habe ich nun im Quecksilberablaufgefäß einen Schwimmer aus Glas angebracht, welcher an seinem unteren Teil den Stempel eines Schliffes besitzt; dieser Stempel ist eingeschliffen in das Ablaufgefäß und besitzt am oberen Rande einen Vorsprung, derart, daß bei seiner tiefsten Lage ein vollständiges Abschließen verhindert wird.

Wer, wie dieses häufig der Fall ist, seine Luftpumpe mit einer Wasserstrahlpumpe betreibt, wird die durch einen mehr oder weniger benachbarten Wasserhahn verursachten Schwankungen des Wasserdruckes höchst unangenehm empfunden haben; ich habe unter Verwendung der erwähnten Schwimmervorrichtung die Wirkungsweise der Sprengelpumpe ganz wesentlich konstanter erhalten können, als dieses ohne dieselbe möglich ist, was besonders für die DONLEsche Pumpe, bei welcher bekanntlich das Quecksilber im Ablaufgefäß nicht unter Atmosphärendruck steht, sehr wichtig ist.

Je nachdem nun, entsprechend dem jeweiligen Wasserdruck, der Schwimmer höher oder tiefer steht, wird auch das Niveau im Sammelgefäß nicht auf konstanter Höhe stehen. Da es dadurch leicht vorkommen könnte, daß die Lufteinlaßöffnung an dem Quecksilberhebeapparat verschlossen wird, außerdem auch die Wirkung des letzteren von der Entfernung der Lufteinlaßöffnung vom Quecksilberniveau abhängt, habe ich auch einen kleinen Glasschwimmer im Sammelgefäß angebracht, der an einem spiralförmigen Gummischlauch hängt. Hierdurch ist erreicht, daß

die Entfernung der Lufteinlaßöffnung vom Quecksilberniveau konstant bleibt.

Einen anderen außerordentlich großen Nachteil der früher gebräuchlichen Sprengelpumpen, nämlich das Zerspringen der Fallrohre, selbst wenn diese aus ganz dickem Glas hergestellt sind, hat gleichfalls schon Herr KAHLBAUM beseitigt, indem er das Fallrohr aus zwei durch einen Schliff vereinigten Teilen macht und in dasselbe an der Auftreffstelle des Quecksilbers ein Stahlrohr einsetzt. Abgesehen davon, daß die immerwährende, innige Berührung des Quecksilbers mit dem Stahlrohr wohl nicht günstig für die Reinheit des ersteren sein dürfte und daß zwischen Stahlrohr und Glas sich leicht geringe Luftmengen ansammeln und bei etwas unregelmäßigem Betriebe der Pumpe in den zu evakuierenden Raum gelangen können, hat die Anwendung des Stahlrohres noch einen Nachteil, der von Herrn KAHLBAUM selbst angegeben wurde. Da es nämlich nicht zulässig ist, das Stahlrohr lang zu machen oder gar das ganze Fallrohr aus Stahl herzustellen — die Gründe hierfür hat gleichfalls Herr KAHLBAUM auseinandergesetzt —, so muß jede Pumpe für den mittleren Barometerstand ihres Bestimmungsortes besonders abgestimmt werden und es muß ferner, so lange sich im Fallrohr nur noch ganz kleine Luftbläschen zeigen, das Sammelgefäß derart verschoben werden, daß sich die Barometerkuppe innerhalb des Stahlrohres befindet. Außerdem sagt Herr KAHLBAUM: „Bei Dauerbetrieb ist selbstredend darauf zu achten, daß nicht etwa mit sinkendem Luftdruck die Aufschlagstelle innerhalb des Stahlrohres in das Glas hinabgedrückt wird, weil damit ja der Nutzen des Stahlrohres dahinfallen würde. Deshalb ist es notwendig, während der Dauer eines solchen Versuches auch den Gang des Barometers zu beobachten, um durch jeweiliges Heben oder Senken des Schlittens die Lage der Aufschlagstelle so zu regulieren, daß sie immer etwa in die Mitte des Stahlrohres fällt".

Ich habe das Zerspringen des Glasrohres nun auf ganz andere Weise vermieden.

Den Grund des Springens des Glasrohres hat auch wieder Herr KAHLBAUM sehr richtig erkannt. Er liegt in elektrischen Erscheinungen, die durch die Reibung des Quecksilbers an der

Glaswand auftreten. Nun stellte ich mir vor, daß die Glaswand das Dielektrikum eines Kondensators bildet, dessen eine Belegung das Quecksilber im Innern der Fallröhre und dessen andere die an der Außenseite der Glasröhre befindliche, mehr oder weniger feuchte Luft ist; wenn ich nun die äußere Belegung beseitige, indem ich das Fallrohr mit einem vorzüglichen Isolator umgebe, so muß die elektrische Entladung durch das Dielektrikum aufhören. In der Tat, wenn man im Dunkeln eine Sprengelpumpe arbeiten sieht, erkennt man außerordentlich intensive elektrische Lichterscheinungen. Bringt man aber das Fallrohr in ein anderes Glasrohr und füllt den Zwischenraum mit gut isolierender Flüssigkeit, z. B. gutem Öl, so verschwinden sofort die Lichterscheinungen vollständig und zwar ganz genau bis zu der Stelle, bis zu welcher das Öl reicht; füllt man den Zwischenraum nur bis zur halben Höhe, so leuchtet auch nur die Hälfte der Fallröhre.

Mit Vermeidung seiner Ursache dürfte aber auch das Übel selbst beseitigt sein.

Die praktischen Erfahrungen, die ich mit diesem Verfahren, das Springen der Fallrohre zu vermeiden, erzielte, sind denn auch sehr befriedigend. Es ist z. B. für die Fabrikation von Röntgenröhren eine solche Pumpe, wie sie die Polyphos-Gesellschaft in München, welche das alleinige Herstellungsrecht besitzt, liefert, seit etwa fünf Monaten dauernd in Betrieb und zwar ohne irgendwelche Störung. Es dürfte somit durch diese einfache aber wichtige Verbesserung die Anwendung der Sprengelpumpen eine noch weit ausgedehntere werden, als sie es heute bereits ist.

Über einen Phasenmesser und seine Verwendung zur Fernübertragung der Kompaſsstellung;

von Herm. Th. Simon.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 219.)

Die Methode stützt sich auf die in der Optik geläufige Tatsache, daß zwei zirkular polarisierte Vektorfelder (Drehfelder), die man mit entgegengesetzter Drehrichtung bei gleicher Amplitude übereinander lagert, sich zu einem linear polarisierten Vektorfelde zusammensetzen, dessen Azimut nur von der Phasendifferenz der Drehfelder bestimmt wird.

Lagert man also zwei magnetische Drehfelder in dieser Weise übereinander, so erhält man ein magnetisches Wechselfeld von einem Schwingungsazimut, welches die halbe Differenz der Phasen beider Drehfelder mißt. Während die Phasendifferenz sich um 2π ändert, durchwandert das Azimut des resultierenden Wechselfeldes einen Winkel π.

Dieses Verhalten läßt sich elegant mit Hilfe der BRAUNschen Röhre und z. B. zweier Dreiphasenströme demonstrieren. Zwei gekoppelte kleine Dreiphasengeneratoren liefern, mit je drei um 120° verschobenen Spulen eines Eisenringes verbunden, die beiden Drehfelder. Jedes einzelne Drehfeld bewegt das Kathodenstrahlbündel im Kreise herum und erzeugt statt des Fleckes einen Fluoreszenzkreis. Übereinandergelagert geben die beiden Felder eine Fluoreszenzlinie, deren Azimut sich ändert, sobald die Phase der beiden Drehströme geändert wird. Das kann z. B. durch Verdrehung der Koppelung der beiden Maschinenanker geschehen. Ist, wie bei der vorgeführten Demonstration, die Koppelungswelle biegsam, so lassen sich Torsionsschwingungen dieser Welle durch die Schwingungen der Phasenlinie beobachten. Auch durch Drehung des Feldmagneten der einen Maschine verändert man die Phase.

Was so für dreiphasige Drehfelder gilt, gilt für beliebige andere. Die Herkunft ist ganz gleichgültig. Zum Beispiel kann man das eine Drehfeld durch den Strom, das andere durch die Spannung eines gewöhnlichen Wechselstromes erzeugen. Das geschieht nach den bei den Ferrariswechstelstrom-Meßinstrumenten vielfach verwendeten Prinzipien, indem man den betreffenden Strom in zwei um $\pi/2$ gegeneinander verschobene Komponenten zerlegt.

Der Vorteil der beschriebenen Methode ist vor allem der, daß sie von der Frequenz völlig unabhängig ist und jede Phasendifferenz zwischen 0 und $2\,\pi$ mißt. Beides ist bei den in der elektrotechnischen Praxis gebräuchlichen Phasenmessern nicht der Fall.

Im übrigen läßt sie sich ebenso auch für elektrostatische Felder nutzbar machen und etwa zur Phasenmessung elektrischer Schwingungen verwenden. Strom und Spannung einer solchen haben eine Phasendifferenz von $\pi/2$. Unter Benutzung der elektrostatischen und magnetischen Ablenkung gleichzeitig erhält man also wieder eine Kreisbewegung des Fluoreszenzfleckes.

Einer Anwendung des Prinzips zur Konstruktion von direkt zeigenden Phasenmessern für die Praxis steht nichts im Wege. Die Kathodenstrahlröhre ist hier natürlich nicht geeignet. Es lassen sich indes manche andere Wege angeben, die zum Ziele führen. Schwierigkeiten ergeben sich nur, wenn man zu ganz hohen Empfindlichkeiten kommen will, von der Größenordnung eines Galvanometers, wie sie zu einer weiter unten zu besprechenden Anwendung erforderlich sind. Indessen habe ich mich überzeugt, daß dieselben wohl nicht unüberwindlich sind.

Eine Konstruktion möchte ich anführen, weil sie zugleich die Übertragung des Prinzips auf das Gebiet der Mechanik enthält. Denkt man sich jedes der Drehfelder zum Betriebe eines Synchronmotors verwendet, die sich entgegengesetzt drehen, und verbindet mit der Achse jedes der Motoren eine Scheibe mit je einem Sektorenschlitz, so wird ein parallel der Rotationsachse auftreffendes Lichtbündel auf einem Schirme das Phasenazimut als Lichtlinie markieren. Denn immer auf der Phasenlinie gehen die beiden Schlitze übereinander weg und lassen den Lichtstrahl hindurchtreten. Läßt man die beiden Scheiben dicht voreinander

und zusammen vor einem festen Phasenziffernblatt rotieren, so ist von demselben stets nur der betreffende Teilstrich sichtbar, der die Phase angibt.

Auch diese mechanischen Durchführungen haben technisches Interesse. Sie lassen sich zu Meßinstrumenten, z. B. der Ungleichförmigkeit von Motoren, ausbilden. Würde man z. B. mit der Achse des zu beobachtenden Motors mittels einer elastischen Koppelung ein Schwungrad von großem Trägheitsmoment und kleiner Reibung antreiben, dann die eine Sektorenscheibe des oben beschriebenen Apparates von diesem Schwungrade, die andere von der Maschinenwelle antreiben lassen, so würde unser Phasenmesser die Ungleichförmigkeit des Motors anzeigen und event. registrieren. In ähnlicher Weise ließen sich die Torsionsschwingungen, die etwa Schiffswellen machen, an einem beliebig fernen Orte, z. B. auf der Kommandobrücke, dauernd sichtbar und kontrollierbar machen.

Ich möchte nun noch diejenige Anwendung des Prinzips erläutern, die mir am wichtigsten zu sein scheint, nämlich die Anwendung zur Fernübertragung der Kompaßstellung, d. h. der Richtung des horizontalen Erdfeldes. Diese Anwendung ist mit wenigen Worten erläutert. Die beiden gekoppelten Drehstromgeneratoren müssen mit ihren Achsen senkrecht stehen. Als erregendes Feld für den einen wird das horizontale Erdfeld benutzt, d. h. der eine Generator ist ein mehrphasiger Erdinduktor. Das Feld des einen Generators ist also mit dem Schiffe fest verbunden, das des anderen steht im Raume unveränderlich fest. Sind die beiden Anker festgekoppelt, so bestimmt die relative Lage des Schiffes zum magnetischen Meridian die Phasendifferenz der beiden Drehfelder, unser Phasenmesser zeigt also die Richtung des Erdfeldes an, und zwar an einem beliebig fernen Orte.

Es ist bekannt, daß dieses Problem im Zeitalter der eisernen Schiffe eine große Bedeutung hat. Wie ich während meiner Versuche erfuhr, hat Regierungsrat L. Weber in Berlin vor einer Reihe von Jahren zuerst den Vorschlag gemacht, die Phase eines im horizontalen Erdfelde durch Rotation eines Erdinduktors erzeugten Wechselstromes zur Fernübertragung der Kompaßstellung zu benutzen, doch sind mir Einzelheiten seines Vorschlages nicht bekannt. Auch hat man nichts vernommen, daß er zu einer

praktischen Durchführung des Problems geführt hätte. Nach meinen vorläufigen Versuchen habe ich Grund, anzunehmen, daß durch das hier vorgetragene Prinzip der Phasenmessung eine einfache und zuverlässige Fernübertragung der Kompaßstellung zu ermöglichen ist.

Göttingen, Physikalisches Institut, Abteilung für angewandte Elektrizitätslehre, September 1904.

Eine mikroskopische Einrichtung für ultraviolettes Licht und damit angestellte Untersuchungen organischer Gewebe;

von A. Köhler.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 20. September 1904.)

(Vgl. oben S. 218.)

Wenn die Wirkungsweise des Mikroskopobjektivs vollständig dadurch zu erklären wäre, daß die von jedem Objektpunkt ausgehenden Strahlen sich in den konjugierten Bildpunkten vereinigten, dann wäre die streng ähnliche Wiedergabe der eingestellten Objektebene allein an die ausreichende Korrektion der Bildfehler geknüpft, deren Ursachen und Wirkungen uns die geometrische Optik kennen lehrt. Man pflegt allerdings im elementaren Unterricht zunächst die Wirkungsweise des Mikroskops, ebenso wie die der übrigen optischen Instrumente unter dieser Voraussetzung zu erläutern, und es läßt sich auch nicht leugnen, daß diese Erklärung, abgesehen von dem didaktischen Wert, den sie bei der ersten Einführung in die Theorie der optischen Instrumente besitzt, auch in vielen und praktisch wichtigen Fällen mit der Beobachtung im Einklang zu stehen scheint. Bei dem Mikroskop tritt sie aber in Widerspruch zu den Tatsachen gerade in den Fällen, wo es sich um die Abbildung der feinsten, diesem Instrument noch zugänglichen Einzelheiten handelt. Den Grund dafür lehrt uns die Physik kennen: sie zeigt uns, daß den Lichtstrahlen, die die geometrische Optik als gegeben annimmt, eine reale Existenz nicht zukommt, daß vielmehr die Ausbreitung des Lichtes in ähnlicher Weise erfolgt, wie die Ausbreitung des Schalles in der Luft oder der Wellen auf einer Flüssigkeit. Nur so lange bei der mikroskopischen Abbildung keine Dimensionen in Betracht kommen, deren Ausmaße der Wellenlänge des Lichtes vergleichbar sind, liefert die Annahme solcher Lichtstrahlen noch Resul-

tate, die den Tatsachen nicht auffallend widersprechen: sind diese Bedingungen aber nicht erfüllt, so muß die Abbildung, unter Berücksichtigung der Wellennatur des Lichtes, als eine Beugungserscheinung behandelt werden.

Für das Mikroskop ist das, ziemlich zu gleicher Zeit, von HELMHOLTZ für selbstleuchtende und von ABBE für beleuchtete Objekte geschehen.

Ohne weiter auf die Einzelheiten dieser Untersuchungen einzugehen, sei hier als deren wichtigstes Resultat nur hervorgehoben, daß eine objektähnliche Abbildung unter allen Umständen ihre Grenze finden muß, wenn die Ausmaße der Objektstruktur auf kleine Vielfache oder gar Bruchteile von der Wellenlänge des angewandten Lichtes herabsinken. Das sogenannte Bild gibt dann nicht mehr eine Projektion des Objektes auf die eingestellte Ebene einfach vergrößert wieder, sondern es bietet schließlich nur noch eine, wenn man so sagen darf, schematische Wiedergabe von der Anordnung der Strukturelemente. Auch diese hört, bei periodischen Strukturen wenigstens, gänzlich auf, wenn die Abstände der Strukturelemente kleiner sind, als die halbe Wellenlänge des angewandten Lichtes: bei diesen Dimensionen liegt die Grenze des sogenannten Auflösungsvermögens.

Die schematische Wiedergabe einzelner Objekte, deren Ausdehnung nach zwei oder drei Dimensionen unter jene Grenze hinabgeht, findet allerdings unter günstigen Bedingungen, wie sie die von SIEDENTOPF eingeführte Beleuchtungsmethode bietet, erst bei Ausmaßen ihre Grenze, die viel kleiner sind, als die für die Grenze des Auflösungsvermögens angegebenen. Die Anwendung dieser Methode ist aber auf eben diese bestimmte Kategorie von Objekten beschränkt. Unter allen Umständen kann das Gebiet der *objektähnlichen* Abbildung nur dadurch erweitert werden, daß man Licht von kleinerer Wellenlänge benutzt. Die Wellenlänge des Lichts ist mit zwei anderen Größen, mit der Schwingungszahl und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch die Beziehung verknüpft:

$$\text{Wellenlänge} = \frac{\text{Fortpflanzungsgeschwindigkeit}}{\text{Schwingungszahl}}.$$

Hieraus ergibt sich, daß eine Verkürzung der Wellenlänge gebunden ist 1. an eine Verminderung der Geschwindigkeit und 2. an eine Vergrößerung der Schwingungszahl.

Da man bei der mikroskopischen Beobachtung zunächst mit der Anwendung des weißen Lichtes zu rechnen hat, dessen wirksamstem Bestandteil, den hellgrünen Strahlen, eine Schwingungszahl von 545 Billionen zukommt, so ist man zur Erzielung möglichst kurzer Wellenlängen auf das unter 1. genannte Mittel angewiesen: man verwendet ein Medium, dessen Brechungsexponent hoch ist. Das hochbrechende Medium muß, wenn die Erhöhung des Auflösungsvermögens wirklich voll eintreten soll, vom Objekt aus einerseits bis zur letzten sphärischen Fläche des Kondensors, andererseits bis zur ersten sphärischen Fläche des Objektivs reichen. Für diese Art des Gebrauches bestimmte Objektive sind die bekannten Immersionsobjektive: die Erhöhung des Auflösungsvermögens, die diese Objektive einem theoretisch vollkommenen Trockensystem gegenüber aufweisen, wird durch die numerische Apertur (das Produkt aus dem Sinus des halben Öffnungswinkels und dem Brechungsexponenten der Immersionsflüssigkeit) gemessen.

Die verbreitetsten Systeme dieser Art, die Systeme für homogene Immersion, weisen ein Auflösungsvermögen auf, das einem idealen Trockensystem gegenüber um 30 bis 40 Proz. gesteigert ist; bei der seinerzeit von ABBE berechneten Monobromnaphtalinimmersion ist er sogar um 60 Proz. erhöht.

Der Gewinn jedoch, der durch das letztgenannte System theoretisch erreicht sein mußte, war praktisch in sehr vielen Fällen nicht nutzbar zu machen wegen gewisser Eigenschaften, die die hochbrechenden Einschlußmedien besitzen. Für eine große Zahl von Objekten, die in wässerigen Einschlußmedien untersucht werden müssen, sind solche Systeme überhaupt nicht mit Nutzen anwendbar. Ein wesentlicher Fortschritt auf diesem Wege erscheint außerdem ausgeschlossen, da wir keine für diese Zwecke brauchbaren Medien von erheblich höherem Brechungsexponenten kennen.

Eine wesentliche Erhöhung des Auflösungsvermögens ist dagegen ohne die Anwendung besonders stark lichtbrechender Medien möglich, wenn man von der Verwendung des weißen Lichtes absieht und ausschließlich Licht von größerer Schwingungszahl verwendet, d. h. blaues oder violettes Licht. Auf die Vorteile, die dessen Anwendung mit sich bringt, hat meines Wissens zuerst

AMICI hingewiesen, und man hat seitdem mehrfach bei der Untersuchung der feinsten Strukturdetails von diesem Mittel Gebrauch gemacht. Zur subjektiven Untersuchung hat man es allerdings meist nicht benutzt, da sowohl die Empfindlichkeit wie auch die Sehschärfe des Auges für dunkelblaues und violettes Licht schon ziemlich gering sind, auch wenn man sehr intensive Lichtquellen verwendet; man hat daher in der Regel die Mikrophotographie zu Hilfe genommen.

Ich bin nun noch einen Schritt weiter gegangen und habe versucht, Licht von noch viel kürzerer Wellenlänge, ultraviolettes Licht, zu benutzen, das vom Auge überhaupt nicht mehr direkt wahrgenommen wird. Die Anwendung dieses Lichtes erfordert einen besonderen Beleuchtungsapparat, eine besondere optische Ausrüstung des Mikroskops, eine Vorrichtung zum Beobachten der an sich ja unsichtbaren Bilder, sowie eine mikrophotographische Camera, die aber nicht wesentlich von der üblichen Konstruktionsform abweicht. Ein derartiger vollständiger Apparat, sowie Aufnahmen, die ich mit ihm hergestellt habe, sind von der Firma ZEISS ausgestellt. Eine Demonstration des Apparates selbst ist der Natur der Sache nach nur in einem ganz beschränkten Kreise möglich, und ich gestatte mir daher, die Herren, die sich näher dafür interessieren, zur Besichtigung des Apparates in die Ausstellung einzuladen. Hier möchte ich mich darauf beschränken, die Einrichtung kurz unter Benutzung von Lichtbildern zu besprechen und ein paar charakteristische Photogramme, die damit hergestellt sind, zu demonstrieren.

Als Lichtquelle benutze ich den zwischen Kadmium- oder Magnesiumelektroden überspringenden Funkenstrom einer Leidener Flasche, die durch ein Induktorium geladen wird. Die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen werden durch einen besonderen Beleuchtungsapparat mit Linsen und Prismen aus Bergkristall zerlegt und das zur Anwendung kommende Licht von der Wellenlänge 275 $\mu\mu$ (bei Magnesium 280 $\mu\mu$) wird durch eine Irisblende abgesondert. Diese Blende bildet die Eintrittspupille eines Kondensors aus Bergkristall, der an die Stelle der gewöhnlichen, aus Glas bestehenden Kondensorsysteme tritt. Er führt dann dieses Licht in Gestalt eines Strahlenkegels von größerer oder kleinerer Apertur dem Objekte zu. Das Objekt selbst liegt auf

einem kleinen aus Bergkristall hergestellten Objektträger oder auf dünnen Plättchen aus U. V. Glas und ist mit einem dünnen Deckplättchen aus geschmolzenem Quarz bedeckt. Als Einschlußmittel können Wasser, physiologische Kochsalzlösung, Glyzerin, Gemische von Glyzerin und Alkohol, sowie Vaselinöl dienen; die Anwendung von Kanadabalsam und ähnlichen Harzen ist dagegen ausgeschlossen, da sie zu undurchlässig sind.

Die Objektive sind nach einem ganz neuen, von Dr. VON ROHR gefundenen Typus konstruiert. Sie bestehen aus einem einzigen Material — aus geschmolzenem Quarz — und sind nur sphärisch und für die Sinusbedingung korrigiert; eine chromatische Korrektion ist durch die Verwendung monochromatischen Lichtes überflüssig gemacht. Nach mehreren Versuchen haben wir uns für die Herstellung von drei Objektiven — Monochromaten, wie wir sie nennen — entschieden, deren Brennweiten und Aperturen (d. h. die Werte $n \sin u$) zugleich zur Bezeichnung dienen: es sind 6 mm n. A. 0,35; 2,5 mm n. A. 0,85 und 1,5 mm n. A. 1,25. Die beiden zuletzt genannten Systeme sind Immersionssysteme; als Immersionsflüssigkeit dient eine Mischung von chemisch reinem Glyzerin und Wasser, deren Brechungsexponent bis auf kleine Abweichungen mit dem des geschmolzenen Quarzes übereinstimmt.

Da die Wellenlänge des Lichtes, mit dem sie benutzt werden, nur halb so groß ist wie die mittlere Wellenlänge des Tageslichtes, so entspricht ihr Auflösungsvermögen demjenigen von Objektiven mit gerade doppelt so großer Apertur: also 0,7; 1,7 und 2,5. Für diese Größen, die hier also das Auflösungsvermögen in derselben Weise charakterisieren, wie es die numerische Apertur bei der Verwendung von Tageslicht tut, schlage ich die Bezeichnung relatives Auflösungsvermögen vor.

Vergleichen wir das stärkste dieser Systeme — ebenso wie wir es vorhin mit den Immersionssystemen getan haben — mit einem idealen Trockensystem, so finden wir eine Steigerung des Auflösungsvermögens um 150 Proz., während sie dort nur 30 bis 40 Proz. betrug.

Die Okulare bestehen aus Bergkristall, ihre Vergrößerungen (nach der von ABBE eingeführten Definition) dienen zugleich zur Bezeichnung; sie betragen 5, 7, 10, 14 und 20.

Zur Beobachtung und zum Einstellen des Bildes habe ich einen Hilfsapparat konstruiert, den ich „Sucher“ nennen will. Er ist, wenn ich so sagen darf, ein künstliches Auge, das auf ultraviolettes Licht reagiert. Sein optischer Apparat besteht aus Bergkristall, seine Retina aus fluoreszierendem Glas. Das auf dieser Retina entworfene Bild wird von dem Beobachter mit einer starken Lupe betrachtet. Dieses künstliche Auge ist weitsichtig; und zwar beträgt die Hypermetropie etwa drei Dioptrien: hat man daher das Mikroskop so eingestellt, daß das Bild auf der fluoreszierenden Platte scharf erscheint, so wird es, wenn man an die Stelle des Suchers die photographische Camera bringt, scharf auf die Mattscheibe projiziert, falls der Cameraauszug etwa 30 cm beträgt. Weicht die Cameralänge nur um wenige Centimeter von diesem Betrage ab, so schadet das nichts; größere Änderungen der Cameralänge sind nicht nötig, da die fünf Okulare eine ausreichende Abstufung der Vergrößerung zur Verfügung stellen.

Für subjektive Beobachtungen mit dem Sucher ist in erster Linie die Magnesiumlinie $\lambda = 280\ \mu\mu$ zu empfehlen, die, wie Pflügers Untersuchungen neuerdings bestätigten, an Intensität alle übrigen bekannten Lichtquellen im Ultraviolett weit übertrifft. Für photographische Aufnahmen ist dagegen die Kadmiumlinie $\lambda = 275\ \mu\mu$ anzuwenden, deren Licht homogener ist als das der Magnesiumlinie. Da die Objektive chromatisch nicht korrigiert sind, gibt die Kadmiumlinie schärfere Bilder. Bei diesen Aufnahmen benutzt man gewöhnliche, nicht orthochromatische Platten.

Die definitive Untersuchnng der feinsten Einzelheiten ist nur mit Hilfe der Photographie möglich; die Überlegenheit der photographischen Platte gegenüber fluoreszierenden Schichten tritt hier ebenso deutlich zutage, wie bei den Spektraluntersuchungen im Ultraviolett.

Schon bei meinen ersten orientierenden Untersuchungen fand ich nun, daß durch die Anwendung des ultravioletten Lichtes nicht nur das Auflösungsvermögen auf einen Betrag gesteigert wird, der auf andere Weise nicht zu erzielen ist, man erreicht damit auch noch einen zweiten, zunächst ganz unerwarteten Vorteil. Zahlreiche Stoffe, wie z. B. das Chromatin der Kerne, die verhornten Zellen

der Epidermis, die Fasern der Kristallinse, erweisen sich als fast undurchlässig, so daß ohne weiteres in den Präparaten Differenzierungen sichtbar werden, die man seither nur durch künstliche Färbung der fixierten Gewebe hervorzurufen vermochte. Von den Geweben der Pflanzen sind ähnlich undurchlässig z. B. die Cuticula, der Kork und die verholzten Zellmembranen.

Aus diesem Grunde kann die Anwendung des ultravioletten Lichtes auch von Wert sein bei Untersuchungen, bei denen die Steigerung des Auflösungsvermögens noch gar nicht in Frage kommt, und für diesen Zweck ist besonders der schwächste Monochromat bestimmt, dessen Auflösungsvermögen ja das starker Trockensysteme nicht einmal erreicht.

Übrigens kann auch bei der Untersuchung mit gewöhnlichen, achromatischen oder apochromatischen Objektiven die Beleuchtung mit ultraviolettem Licht zu interessanten Ergebnissen führen. Bei der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht senden viele Gewebsbestandteile so intensives Fluoreszenzlicht aus, daß sie ohne Anwendung einer anderen Lichtquelle, allein durch ihr eigenes Fluoreszenzlicht leuchtend, noch mit starken Trockensystemen untersucht werden können. Das Licht wirkt auf das Auge noch so stark, daß ich bei dem Sucher besondere Vorkehrungen treffen mußte, um es unschädlich zu machen. Auf der photographischen Platte kommt es allerdings dem außerordentlich viel wirksameren ultravioletten Lichte gegenüber nicht zur Wirkung.

Ich habe diese Fluoreszenz zunächst nur als eine störende Nebenwirkung angesehen, die ich unschädlich machen mußte; erst in der allerletzten Zeit habe ich sie etwas näher untersucht und bin zu der Ansicht gekommen, daß die Farbe des Fluoreszenzlichtes vielleicht auch zur Unterscheidung verschiedener Gewebsbestandteile benutzt werden kann. So fand ich z. B., daß die Zellmembranen im Holz schön blau fluoreszieren, die Cuticula in einem Falle weiß, in einem anderen Falle, wo sie gelb gefärbt war, ebenfalls gelb.

Bekannt ist ferner, daß das ultraviolette Licht unter Umständen sehr kräftige physiologische Wirkungen ausübt. Zu solchen Untersuchungen ist der in Rede stehende Apparat, wie die kürzlich von HERTEL darüber publizierte Arbeit zeigt, ebenfalls bequem verwendbar.

Diese intensiven Strahlen von kurzer Wellenlänge bieten uns also mehr als ein Mittel, vor allem den komplizierten Bau der organischen Materie ein gutes Teil weiter zu erforschen, als es mit unseren seitherigen Hilfsmitteln möglich war: dem Auge des Menschen unsichtbar, versprechen sie da weiter zu helfen, wo die sichtbaren Strahlen beginnen unserem Gesichtssinn den gewohnten Dienst zu versagen.

Über Verdunstungsmessungen mit dem Doppelthermometer für klimatologische und hydrographische Zwecke;

von Wilhelm Krebs.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 19. September 1904.)

(Vgl. oben S. 220.)

Die Verdunstungsmessungen wurden hauptsächlich bei Gelegenheit von Seeuntersuchungen ausgeführt, am Mansfelder Süßen See im Juni 1894, am Plattensee im Oktober 1894, am Weißen See der Hochvogesen im Juli 1903. Benutzt wurde eine handlich gemachte Form des sogenannten Psychrometer AUGUSTS, das übrigens von vornherein eigentlich die Verdunstung und nicht direkt die Luftfeuchtigkeit mißt und deshalb besser als Doppelthermometer zu bezeichnen ist. Es wurde Wert darauf gelegt, es denselben Bedingungen wie der Seeoberfläche, also auch dem vollen Wind und Sonnenschein, auszusetzen. Die Umwickelung des feuchten Thermometers wurde, diesem Zwecke entsprechend, möglichst durchsichtig gehalten. Für den praktischen Gebrauch ist das Doppelthermometer allen anderen Verdunstungsmessern durch Handlichkeit und schnelle Einstellung, auch unter den schwierigsten äußeren Verhältnissen des Gewässers und der Witterung, überlegen. Es mißt im Temperaturunterschied am trockenen und feuchten Thermometer die „Verdunstungskälte", einen der jeweiligen Verdunstungsenergie korrelaten Betrag in Graden C. Geeicht wurde es auf den Umrechnungsfaktor dieses gemessenen Gradbetrages in den üblichen Millimeterbetrag der verdunsteten Schicht durch Parallelbeobachtungen an großen, faßartigen, in die Seen hineingestellten Evaporimetern. Übereinstimmend ergaben fünf solcher Beobachtungsreihen an den drei Seen jenen Faktor für die freie ungeschützte Wasserfläche und für 1°C Verdunstungskälte im 24stündigen Durchschnitt in der Größe von etwa 2 mm. Bei geschützter Wasserfläche, wie sie die sonst üblichen Evaporimeteraufstellungen aufzuweisen pflegen, kann es auf 1 mm herabsinken,

unbeschadet der auch hier entgegentretenden Proportionalität der Verdunstungskälte zu dem Verdunstungsbetrag. Diese Übereinstimmung der Faktoren unter wesentlich verschiedenen klimatischen Bedingungen spricht für die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges. Bestätigt wurde sie auch durch Parallelbeobachtungen mit dem Aspirationspsychrometer ASSMANNS. Diese ließen deutlich den Einfluß verschiedener Windstärken auf die Verdunstungskälte am Doppelthermometer und den Einfluß der Temperaturerhöhung im näheren Umkreise des Beobachters oder einer besonnten Holzwand am Aspirationspsychrometer erkennen. Die theoretischen Bedenken gegen dieses selbst Feuchtigkeit verbreitende, aber jetzt gleichwohl als bewährt anerkannte Instrument als Feuchtigkeitsmesser sind mindestens gleichwertig denen gegen das Doppelthermometer als Verdunstungsmesser im Sonnenschein und Wind. Die Entscheidung muß hier wie dort dem praktischen Versuche beigemessen werden.

Über das meteorologische Jahr 1903/04 und die Hochwasserfrage;

von Wilhelm Krebs.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 220.)

Die nun auch von anderer Seite anerkannte zeitlich ungemein günstige Lage der Naturforscherwoche für einen Rückblick auf die Witterungsverhältnisse des meteorologischen Jahres veranlaßte zur Fortführung dieser Berichte, obgleich das verflossene Jahr in Deutschland keine nennenswerte Hochwassergefahren brachte. Verhängnisvoll wirkte in ihm vielmehr die Sommerdürre, die besonders während des Juli 1904 die Niederschläge von allen betrachteten Stationen Mitteleuropas unter dem langjährigen Durchschnitt, auf 9 bis 78 Proz. desselben, erhielt. Friedrichshaven und Schneekoppe verzeichneten im ganzen Jahrgang als regenärmste Stationen nur zwei Drittel der ihnen sonst zukommenden Niederschlagsmenge. Die besonders in grellen Temperaturgegensätzen zur Geltung gelangende Verkoppelung von Extremen äußerte sich bei den Niederschlägen insofern, als gerade in den trockensten Monaten, zwar in enger örtlicher Beschränkung, erhebliche Regen meist als Wolkenbrüche fielen. Gegen Ende August 1904 drohte im bayerischen Alpenvorland ausgedehntere Hochwassergefahr. Auch meteorologisch war die Befürchtung begründet durch deutliches Einsetzen östlicher Interferenz. Daß die Niederschläge gleichwohl noch rechtzeitig aufhörten, darf der nachhaltigen Schmälerung des atmosphärischen Feuchtigkeitsvorrates durch die Dürre zugeschrieben werden.

Infolge ähnlicher Schmälerung, aus einem anderen Grunde, wurde gegen Mitte September 1903 das östliche und südliche Deutschland von einer durch östliche Interferenz deutlich vorbereiteten Hochwassergefahr gänzlich verschont. Die Niederschläge beschränkten sich auf das östliche Alpengebiet, besonders das westliche Kärnten, fielen hier allerdings mit außerordentlicher

Schwere. Nach PROHASKAS genauer Darstellung war hierfür tatsächlich, der früher begründeten Ansicht des Vortragenden entsprechend, eine besonders intensive Kondensation durch Mischung von Luftmassen nordischer und südländischer Herkunft verantwortlich, wie sie schon einige Tage vorher nach den grellen Temperaturgegensätzen der Stationen nördlich und südlich jenes Ostteiles der Alpen zu erwarten war. Dieselben Gegensätze traten PROHASKA entgegen kurz vor den „Wetterstürzen" der Jahre 1890 und 1892, die ebenfalls mit schweren, aber nur auf das Alpengebiet beschränkten Niederschlägen verbunden waren. Die Temperaturunterschiede waren dagegen wesentlich geringer vor den Oderhochwassern der Jahre 1897 und 1899 und, nach einem vorläufigen Überblick, vor der weit überwiegenden Mehrzahl der Oderhochwasser bis 1880 zurück. Die Berücksichtigung der Temperaturen nördlich und südlich der Alpen, bei dem sich vorbereitenden Einsetzen östlicher Interferenz, läßt demzufolge eine wesentliche Verbesserung der auf diese gegründeten meteorologischen Hochwasserprognosen in bezug auf ihre örtliche Indikation erwarten. Jedenfalls ist die Frage mit etwa 90 Proz. Wahrscheinlichkeit vorher zu entscheiden, ob die nach den anderen Anzeichen drohende Hochwassergefahr das östliche Alpengebiet allein oder auch die östliche Mittelgebirgslandschaft betreffen wird.

Der vollständige Abdruck des Vortrags-Manuskriptes erfolgt in Bd. 86 des „Globus".

Über Probleme der Polarklimate — Kältepole und Eistriften;

von Wilhelm Krebs.

Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 220.)

Die Temperaturkarte der Erde ließ bisher an zwei Stellen der Nordhalbkugel ein entgegengesetztes Verhalten der Isothermen in niederen und höheren Breiten erkennen. Diese strecken sich beiderseits zungenförmig vor nach denjenigen Stellen des Nordpolarkreises, an denen die sekundären Kältepole, der nordasiatische und der nordamerikanische, liegen. Die Südpolarexpeditionen der letzten Jahre, von denen bereits die meteorologischen Hauptergebnisse von sechs Überwinterungen in drei verschiedenen Jahrgängen vorliegen, gestatten, durch Reduktion der Jahresmittel auf gleiche Breite, ein Urteil über deren Winterstrenge und liefern auf diesem Wege, durch Reduktion der Jahresmittel auf mittlere Strenge, ein Surrogat der sonst auf langwierige Beobachtungen hin begründeten Isothermen. Die so vervollständigte Temperaturkarte der ganzen Erde, und noch mehr eine Südpolarkarte, lassen dann das entsprechende Verhalten der Isothermen an den südlich Amerika und Australien gelegenen Stellen des Südpolarkreises erkennen. Auch diese Stellen sind sekundäre Kältepole. Ihr Zustandekommen ist wie im Norden einerseits aus der dort gesteigerten Kontinentalität, andererseits aus dem Umstande zu erklären, daß die Polarkreise infolge der Deklination der Erde, die geometrischen Orte einer beständigen Polebbe der vornehmlich von der Sonne aus veranlaßten periodischen Luftdruckbewegung sind. Gesteigerter Luftdruck wird dabei aus Mangel an Auftrieb erklärt.

Die von der schwedischen Expedition im Südwinter 1902 erlebte extreme Kälte am westlichen dieser antarktischen Kältepole schlug 1903 in ihr Gegenteil um. Hierbei scheinen vulkanische Einflüsse mitgewirkt zu haben, durch die zum mindesten die

dortige Kontinentalität infolge Abbrechens und Abtreibens überaus großer Eisflächen sehr bedeutend geschmälert wurde. Unzweifelhafte Spuren solcher vulkanischen Tätigkeit sind von J. C. Ross und vor allem von Borchgreevink aus der Nachbarschaft des östlichen Kältepoles der Antarktis berichtet. Mit ihr hängt anscheinend das erhebliche Zurückweichen der dortigen Abbruchstelle des Inlandeises, seit ihrer Entdeckung durch J. C. Ross im Jahre 1841, zusammen.

Die für die Antarktis vervollständigten Karten der Jahrestemperaturen sind gleichzeitig in Nr. 24 der astronomischen Zeitschrift „Das Weltall", d. d. 15. September 1904, veröffenlicht worden. Eine ausführlichere Darstellung erscheint in Bd. 86 oder 87 des „Globus", unter Berücksichtigung der noch zu erwartenden Ergebnisse des zweiten „Discovery"-Jahres.

Demonstration eines Pendels mit direkt meſsbarer Pendellänge;

von E. Grimsehl.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 19. September 1904.)

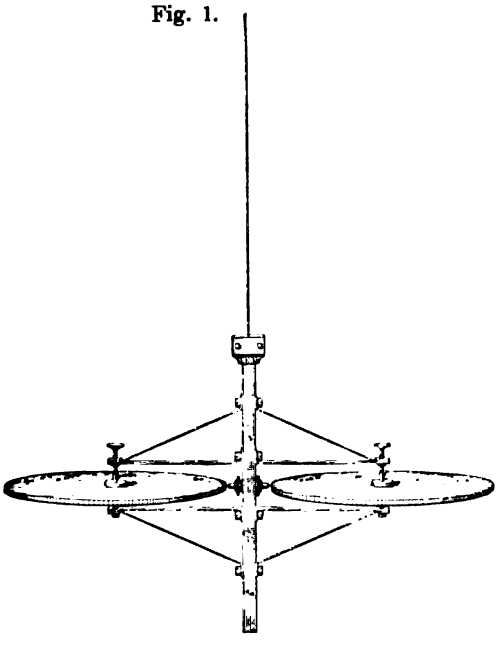
(Vgl. oben S. 217.)

Zwischen dem Trägheitsmomente T_s eines Körpers in bezug auf eine Schwerpunktsachse, dem Trägheitsmomente T_a desselben Körpers in bezug auf eine Achse, welche vom Schwerpunkte den Abstand a hat, und der Masse M des Körpers besteht bekanntlich die einfache Beziehung

$$T_a = T_s + M a^2.$$

Die Einfachheit dieser Beziehung erregte bei mir den Wunsch, bei einem drehbaren Körper sowohl die einzelnen, in der obigen Gleichung vorkommenden Summanden, wie auch die gesamte Summe zur Darstellung zu bringen, um der mathematischen Gleichung auch einen physikalischen Inhalt zu geben.

Fig. 1.



Zu dem Zwecke konstruierte ich folgenden Apparat: Ein aus Aluminium hergestelltes leichtes Gehänge (Fig. 1) wird an einem elastischen Stahldraht so aufgehängt, daß dasselbe infolge der Elastizität des Stahldrahtes Torsions-

schwingungen um eine vertikale Achse ausführen kann. Das leichte Gehänge trägt in einer Entfernung von 12 cm von der Aufhängungsachse zwei durch Spitzenlager hergestellte vertikale Achsen, die einander genau diametral gegenüberstehen. Die Spitzenlager bilden die Achsen für zwei kreisförmige Metallscheiben von je 1000 g Masse mit dem Radius 10 cm. Die Scheiben sind in den Spitzenlagern äußerst leicht drehbar, können aber durch zwei an der Aufhängungsachse angebrachte Schrauben festgestellt werden, so daß sie keine Drehung zum Gehänge ausführen können.

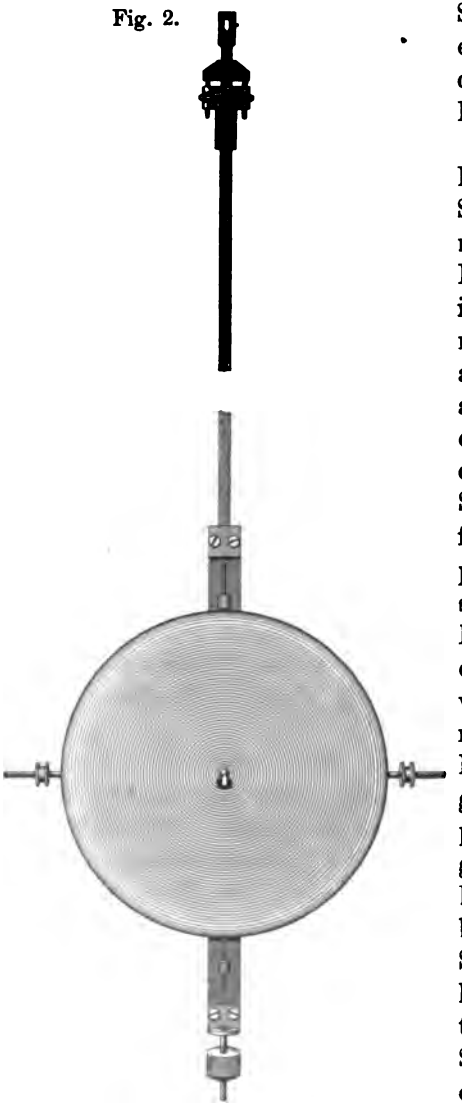
Dreht man die Scheiben um ihre Spitzenlager, ohne das ganze Gehänge zu drehen, so kommt für diese Drehung nur das Trägheitsmoment T_s der Scheiben in bezug auf ihre Schwerpunktsachse in Frage. Dreht man ferner das Gehänge um die Aufhängeachse, während die Scheiben um ihre Schwerpunktsachsen frei drehbar sind, so nehmen die Scheiben an der Drehung des Gehänges nicht teil; vielmehr führen sie nur translatorische Bewegungen aus. Es wirkt jede der Scheiben so, als ob ihre gesamte Masse in ihrem Mittelpunkte vereinigt wäre. Daher kommt bei dieser Drehung nur das Trägheitsmoment $M.a^2$ in Frage. Wenn man aber die Scheiben mit dem Gehänge durch die an der Aufhängeachse angebrachten Schrauben fest verbindet, so müssen die Metallscheiben bei der Drehung des Gehänges an dieser Drehung mit teilnehmen. Die Schrauben, mit denen die Scheiben festgestellt werden, repräsentieren gewissermaßen das zwischen den beiden Summanden T_s und Ma^2 stehende Pluszeichen, so daß demnach nun das Trägheitsmoment $T_a = T_s + Ma^2$ für die Drehung in Frage kommt.

Man kann bei der Wahl der beim Apparate vorhandenen Ausmessungen die beiden Summanden sehr bequem ausrechnen, kann also auch die Summe bequem bestimmen. Vergleicht man diese Größen mit den sich aus den Torsionsschwingungen ergebenden Werten der Trägheitsmomente, so ergibt sich auch experimentell die Richtigkeit der durch Rechnung gefundenen Größen.

Die Tatsache, daß bei den Schwingungen des Apparates mit drehbaren Scheiben die letzteren nur translatorische Bewegungen ausführten, brachte mich auf den Gedanken, dieses Prinzip auch auf die Konstruktion eines Pendels auszudehnen. Bei diesem

würde dann auch nur das Trägheitsmoment Ma^2 für die Berechnung der Schwingungsdauer in Frage kommen, d. h. das Pendel würde sich genau wie ein mathematisches Pendel verhalten. Es war nur nötig, ein Pendel zu bauen, bei dem die Masse um ihren Schwerpunkt frei drehbar in einem gewissen Abstand von der Aufhängungsachse des Pendels befestigt wird.

Fig. 2.



So entstand das Pendel Fig. 2. An einer leichten Stange, von der in der Figur nur das obere und das untere Ende gezeichnet sind, sitzen in einem Abstande von annähernd 100 cm zwei einander zugekehrte Schneiden aus Stahl. Die obere Schneide dient als Aufhängungsachse des Pendels. Die untere Schneide bildet das Lager für eine um ihren Schwerpunkt drehbare Metallscheibe von großer Masse. Diese Metallscheibe ist mit einigen Regulierschrauben versehen, durch welche erreicht werden kann, daß die Drehungsachse der Scheibe genau durch den Schwerpunkt der Scheibe hindurchgeht. Setzt man nun das Pendel in Schwingungen, so bewegt sich die in der Schwerpunktsachse aufgehängte Scheibe nur translatorisch, also kommt für die Schwingungen des Pendels das Trägheitmoment der

Scheibe nicht in Frage, da sich die Scheibe gar nicht dreht. Vielmehr wirkt die Scheibe so, als ob ihre gesamte Masse in ihrem Schwerpunkte vereinigt wäre. Wäre die Aufhängestange selbst masselos, so würde das Pendel so schwingen, als ob es ein mathematisches Pendel wäre, dessen Länge gleich dem Abstande der Schneiden wäre. Die Stange mit den Schneiden, also das ganze Gehänge, ist aber auch dann ohne Einfluß auf die Schwingungsdauer des Pendels, wenn das Gehänge allein dieselbe Schwingungsdauer hat wie das vollständige Pendel. Man kann nun durch das am unteren Ende der Pendelstange angebrachte Reguliergewicht leicht erreichen, daß die Pendelstange allein, also bei abgenommenem Pendelgewicht, in ihrer Schwingungszeit mit der des gesamten Pendels übereinstimmt; dann ist der Abstand der Schneiden direkt gleich der Länge des reduzierten Pendels. Das so konstruierte Pendel vertritt also vollständig das KATERsche Revisionspendel. Es kann zur Bestimmung der Schwerebeschleunigung unmittelbar benutzt werden.

Die am oberen Ende der Pendelstange angebrachte Schraubenvorrichtung hat den Zweck, dem Pendel entweder eine ganz bestimmte Länge zu geben, oder auch, um es auf eine bestimmte Schwingungszeit, z. B. von einer Sekunde, zu regulieren.

Vorführung von Vakuumapparaten;
von Richard Müller-Uri.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 20. September 1904.)
(Vgl. oben S. 218.)

Der Vortragende demonstrierte eine reiche Kollektion von außerordentlich großen Vakuumapparaten und eine Reihe anderer Neuheiten, welche im Laufe des letzten Jahres als die Spezialitäten dieses Institutes erschienen sind.

Von den Vakuumapparaten sind zu nennen:

1. Die Vakuumskala nach CHAS. R. CROSS in drei Ausführungen. Die erste davon besteht aus sechs hintereinandergeschalteten Röhren, die gleichzeitig erleuchtet werden; die andere besitzt Einzelschaltung für jede der sechs Röhren, welche durch einen Drehmechanismus nacheinander zum Leuchten gebracht werden. Beide Arten sind auf Holzstatif fest montiert. Die Röhren sind 50 cm hoch und 3 cm weit und bekanntlich dazu bestimmt, die interessantesten Lichterscheinungen in einer Elektrodenröhre, welche durch die Luftpumpe evakuiert wird, in sechs Hauptstufen zu zeigen, von der ersten als leuchtender Faden auftretenden Lichterscheinung bis zum Röntgen- oder Crookesvakuum. Die neue extragroße Konstruktion dieser Einrichtung besitzt Röhren, welche 1,25 m hoch und reichlich 6 cm weit sind, wodurch die interessanten Lichterscheinungen besonders schön herausgebracht werden. Die Einschaltung dieser Röhrenreihe wird folgeweise durch einen Schlittenkontakt erzielt.

Ferner ist eine Kollektion von Geißlerröhren, „Kompendium“ genannt, zu erwähnen, welche in ausgewählt schönen Exemplaren die sechs Hauptklassen aus der bekannten großen Menge von Geißlerröhren herausgreift und hierdurch ebenfalls wesentliche Zeitersparnisse bei der Vorführung erzielen läßt. Diese Serie ist in Holzrahmen fest montiert und durch einen verschließbaren Kasten mit Glasscheibe umgeben, der die Kollektion schützt und staubfrei hält und dabei vollkommen transportsicher ist.

Von der bekannten Serie CROOKESscher Röhren, nach der von GRETSCHEL übersetzten Broschüre zusammengestellt, wurden auf Serienbrettern außerordentlich große Apparate vorgezeigt, sowohl in Kugelform als zylindrisch. Die ersteren besitzen bis zu 25 cm Kugeldurchmesser und ermöglichen daher auch in den größten Auditorien den Fernersitzenden die Lichterscheinungen in ihrer Eigenart deutlich wahrzunehmen. Das eine der Serienbretter ist mit Kontaktschlitten versehen, um die aufgesteckten extragroßen Apparate schnell hintereinander (ohne Umhängen der Leitungsdrähte) demonstrieren zu können. Das andere Brett ist dazu bestimmt, die untereinander gleichpolig verbundenen Röhren gleichzeitig zu erleuchten. Auch hier sind sehr schöne und große Exemplare von Mineralienröhren CROOKESscher Art, Röhren mit nachleuchtendem Schmetterling oder Bukett, PULUJs Riesenphosphoreszenzlampe und andere mehr vertreten.

Außerdem sei noch erwähnt eine neue Spektralröhre mit Kadmium nach MICHELSON, welche für den Gebrauch bis 300° C zu erhitzen und mit Wechselstrom zu betreiben ist, eine andere Spektralröhre mit Silicium-Tetrafluorid. Ferner zwei Spezial-Röntgenröhren (D. R. G. M. Modell MÜLLER-URI) zur elektro-therapeutischen Verwendung gegen Lupus usw. Die zylindrisch-konische Form sichert die höchste Ausnutzung der Strahlungsenergie und die neueste Modifikation zur Einführung in Körperhöhlen besitzt ein etwa 30 cm langes fingerartiges Einführungsrohr.

Ferner ist noch ein vierwandiges Hochvakuumgefäß für Arbeiten mit flüssiger Luft, welches nach WEINHOLDs Angaben konstruiert und mit Graduierung versehen ist, vorgelegt worden.

Erwähnt sei endlich noch die nach Prof. RYAN ausgeführte extragroße Modifikation der BRAUNschen Kathodenstrahlenröhre und eine Quecksilberluftpumpe mit automatischer Regelung und Antrieb, deren Abbildung und Beschreibung vorlag.

Über gemeinsam mit Herrn Reg.-Rat Dr. E. Meyer ausgeführte Versuche zur Gewichtsbestimmung der Emanation des Gieselschen Emanationskörpers; von Leo Grunmach.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 19. September 1904.)

(Vgl. oben S. 217).

Der Vortragende bemerkt hierzu folgendes: Als ich im Mai den auf der Tagesordnung stehenden Vortrag ankündigte, hatte ich die Hoffnung, daß ich heute schon Ihnen einige positive Resultate würde mitteilen können über die Versuche, welche ich seit dem Oktober des vergangenen Jahres gemeinsam mit Herrn Kollegen E. Meyer von der Normal-Eichungskommission zu Berlin ausführe, um die Gewichtsabnahme des Giesel'schen Emanationskörpers (Emanium) infolge seiner Emanation quantitativ durch die Wage nachzuweisen. Im Laufe dieser unserer Untersuchungen hat sich indessen eine Fehlerquelle bemerkbar gemacht, durch deren Einwirkung die nachzuweisende Gewichtsabnahme des Emanium offenbar verdeckt wird. Da wir noch mit dem weiteren Studium des Einflusses dieser Fehlerquelle beschäftigt sind, sehe ich mich veranlaßt, den angekündigten Vortrag vorläufig zurückzuziehen.

Versuche über die zeitliche Abnahme der Radioaktivität und über die Lebensdauer des Radiums im Zustande sehr feiner Verteilung;

von A. Voller.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 219.)

Der Vortragende berichtet über längere systematische Versuche zur Ermittelung der zeitlichen Abnahme der Radioaktivität des Radiums und der Lebensdauer dieses Elementes in sehr geringen Mengen und sehr feiner Verteilung bzw. zur Prüfung der von J. J. THOMSON geäußerten Ansicht, daß die Strahlungsintensität des Radiums von seiner mehr oder weniger starken Verteilung im Raume abhänge. Reines Radiumbromid wurde in geringen Mengen (10^{-3} bis 10^{-9} mg) und in verschiedener Schichtdicke auf Glasplatten angeordnet, deren ionisierende Wirkung an einem ELSTER-GEITELschen Elektroskope (in EBERTscher Anordnung mit Zylinderkondensator, jedoch ohne Anwendung des Aspirators) geprüft wurde. Die Entladungsgeschwindigkeit wurde jedesmal in größeren Versuchsreihen für je 15 Minuten — abwechselnd für normale Luftbeschaffenheit und sodann unter Einschaltung der Versuchsplatten — bestimmt; für Vermeidung gegenseitiger Infektion der Platten durch Emanationen war Sorge getragen. Es ergab sich, daß die schwächsten Platten nach 15 Tagen absolut unwirksam geworden waren, die folgenden Konzentrationen nach 26, 61 usw. Tagen; die stärkeren Konzentrationen haben nach mehr als 100 Tagen abgenommen, sind aber noch radioaktiv. Die Lebensdauer als Funktion der Konzentration aufgetragen, ergibt eine sehr stark ansteigende Kurve, die erkennen läßt, daß von 10^{-3} mg ab die Radioaktivität erst nach Jahren, für stärkere Schichten erst in weit längeren Zeiträumen erloschen sein wird, so daß die von den CURIES, RAMSAY, SODDY usw. angenommene Lebensdauer von 1000 bis 2000 Jahren für eine Anzahl ganzer Milligramme wahrscheinlich erscheint.

Zur Kontrolle der Entladungsbeobachtungen, namentlich in der Nähe des Erlöschens der Radioaktivität, wurden Scintillationsbeobachtungen und photographische Beobachtungen angestellt. Diese ergaben, daß, nachdem eine Differenz der Entladungsgeschwindigkeit mit und ohne Platten nicht mehr meßbar war, noch Spuren scintillierender und photographischer Wirkung — letztere bei dreitägiger Exposition in 3 mm-Plattenabstand — festgestellt werden konnten; die nähere Prüfung durch Einschaltung von Absorptionsschichten ergab, daß diese Wirkungen nur noch von einer äußerst schwachen Emission von α-Strahlen herrührten.

Besondere Beobachtungen sind begonnen worden zur Beantwortung der Frage, ob eine Vergrößerung der strahlenden Schichten in der Flächenausdehnung ebenso wirkt, wie eine größere Schichtdicke. Dies scheint der Fall zu sein, doch sind die Beobachtungen noch nicht abgeschlossen.

Max Kohl ❀ Chemnitz i. S.

Werkstätten für Präzisions-Mechanik

liefert als Spezialität:

Komplette Einrichtungen f. physikalische und chemische Laboratorien.

Physikalische und chemische Apparate und Gerätschaften.

Elektrotechnische Abteilung.

Notiz: Außer den in meinem Etablissement vorhandenen modern eingerichteten **Mechaniker-Werkstätten** habe ich auch eigene **Dampftischlerei, Holz-, Metall- und Fein-Lackiererei, Klempnerei, Schlosserei, 2 Präzisions-Teilmaschinen etc.** in meiner Fabrik und bin deshalb in der Lage, alle vorkommenden Arbeiten durch mein eigenes Personal ausführen zu lassen. Meine Herren Abnehmer haben dadurch Gewähr, zu mäßigen Preisen solid ausgeführte Apparate zu erhalten, bei deren Konstruktion stets die neuesten auf dem Gebiete der Wissenschaft gemachten Fortschritte Berücksichtigung fanden! 230 Arbeiter, 20 Beamte, 6600 □m Arbeitsfläche, ca. 120 Arbeitsmaschinen.

Einrichtungen kompl. Röntgenkabinette mit Funkeninduktoren aller Größen und für jede Betriebsart. (Die Kohl'schen Funkeninduktoren werden allseitig als die preiswertesten und leistungsfähigsten anerkannt.)

Neu! Spinthariskope, mit Fluoreszenz-Schirm und einer kleinen Menge Radium auf beweglichem Zeiger, um die außerordentlichen radioaktiven Eigenschaften des Radiums zu zeigen. Preis Mk. 24.—.

Preislisten mit ausführlichen Beschreibungen, Referenzen etc. kostenfrei.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Die bisherige Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Aus der dem Reichstage am 19. Februar 1904 überreichten Denkschrift.

Mit einem Verzeichnis der Veröffentlichungen aus den Jahren 1901 — 1903.

Lex.-8°. 26 Seiten. Preis geheftet 1 Mark.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rh.

Spezialfabrik für

Einrichtung wissenschaftlicher Institute

liefern

vollständige Einrichtungen von Hörsälen und Laboratorien

mit

Experimentiertischen, Verdunkelungs-Vorrichtungen, Arbeitstischen, Sammelschränken usw.

Elektrische Stromanlagen, Schalttafeln, Umformer usw.

Projektionsapparate.

Physikalische Apparate

für

Vorlesungen und Übungen im Praktikum.

Illustrierte Preislisten auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 20*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

Inhalt.

1. **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.** Bericht über die Sitzung vom 14. Oktober 1904. S. 293. — Max Reinganum, Berechnung des Molekularvolumens von Halogensalzen aus den Atomvolumina der Bestandteile. (Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.) S. 294. — L. Graetz, Über die strahlungsartigen Erscheinungen des Wasserstoffsuperoxyds. (Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.) S. 296. — **2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.** I. Allgemeine Physik. S. 345. — II. Akustik. S. 348. — III. Physikalische Chemie. S. 348. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 351. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 355. — VI. Wärme. S. 357. — VII. Kosmische Physik. S. 359.

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Alphabetisches Namenregister

zu den

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

Jahrgang 1 bis 17 (1882 bis 1898)

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

Gr. 8°. V und 20 Seiten. Preis geh. M. —.60.

Die „Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin" bilden den Vorläufer zu den seit 1899 als selbständige Zeitschrift erscheinenden „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft". Sie haben in den 17 Jahren ihres Bestehens vielfache Änderungen ihrer Erscheinungsform durchgemacht und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß die ganze Serie nur noch in wenigen Exemplaren existiert. Das ist umsomehr zu bedauern, als in den „Verhandlungen" manche Mitteilung vergraben liegt, welche später der Ausgangspunkt für große Fortschritte in der physikalischen Forschung wie in der Technik wurde. Solche Mitteilungen der Vergessenheit zu entreißen, ist der Zweck des vorliegenden alphabetischen Namenregisters für die ganze erste Serie der „Verhandlungen".

☞ **Laut Übereinkommen mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft wird den Mitgliedern der Gesellschaft die besondere Vergünstigung des unmittelbaren Bezuges von der Verlagshandlung zum ermäßigten Preise von M. —.30. gewährt.**

☞ Von Nichtmitgliedern zum Preise von M. —.60. zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

6. Jahrg. 30. Oktober 1904. Nr. 20.

Sitzung vom 14. Oktober 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG.

Hr. **E. Regener** berichtete

Über die chemische Wirkung kurzwelliger Strahlen auf gasförmige Körper.

Derselbe demonstrierte ferner den

Einfluß eines Gasstromes auf eine Funkenstrecke.

Berechnung des Molekularvolumens von Halogensalzen aus den Atomvolumina der Bestandteile;

von Max Reinganum.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 219.)

—

Bei analog konstituierten Salzen, namentlich bei den Halogenverbindungen der Alkalien und Erdalkalien, verhält sich das Molekularvolumen häufig additiv. Die Zahlen, welche für die Bestandteile anzunehmen sind, ergeben jedoch nicht direkt das Atomvolumen des Elementes im festen Zustande, auch nicht bei geeignetster Wahl der zur Verfügung stehenden willkürlichen Konstanten. Es kommt dies daher, daß beim Zusammentritt der Verbindung außerordentlich große Volumverminderungen eintreten, die zum Teil mehr als die Hälfte des ursprünglichen Volumens betragen.

Es zeigt sich jedoch bei geeigneter, sich leicht ergebender Wahl der Konstante, daß das Volumen der Bestandteile im Verhältnis zu ihrem ursprünglichen Volumen um so größer ist, je größer das Atomvolumen im Elementzustande war, d. h. die Zahlenwerte, die für die einzelnen Elemente in der Verbindung anzunehmen sind, sind den Quadraten der Atomvolumina im unverbundenen Zustande proportional.

Wird durch M das Molekularvolumen, A_{Me} und A_{Hal} das Atomvolumen des Metalls und des Halogens im Zustande des festen Elementes bezeichnet, so ergibt sich hieraus folgende Formel zur Berechnung des Molekularvolumens:

$$M = k_1 A_{Me}^2 + k_2 A_{Hal}^2.$$

Der Zahlenwert k_1 ist für die Alkalien und Erdalkalien derselbe und ist gleich 0,010 berechnet. Als günstigster Wert für k_2 ergibt sich 0,052. Bei den Verbindungen der Erdalkalien, bei welchen zwei Atome des Halogens teilnehmen, ist das zweite Glied

der Formel doppelt zu setzen. Die beiden Halogenatome beanspruchen also in diesen Verbindungen annähernd denselben Raum. Folgende Atomvolumina wurden zugrunde gelegt:

Li	11,9	Ca	25,5	Cl	20,5
Na	23,6	Sr	34,5	Br	23,0
K	45,0	Ba	36,7	J	25,6
Rb	56,2	F	13,3		

Die Atomvolumina der Metalle und von Jod sind aus den in den Tabellen von LANDOLT und BÖRNSTEIN angegebenen Dichten berechnet, die Werte für Cl und Br sind aus den Dichten im flüssigen Zustande und dem Ausdehnungskoeffizienten berechnet, der Wert für F ist so gewählt, daß sich die Fluorverbindungen ebenfalls einordnen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die berechneten und beobachteten Molekularvolumina. Die beobachteten Werte sind ebenfalls nach den Tabellen von LANDOLT und BÖRNSTEIN erhalten.

	M berechnet	*M* beobachtet		*M* berechnet	*M* beobachtet
Li F	10,6	10,0	CaF_2	24,9	24,8
Li Cl	23,2	20,9	$CaCl_2$	50,2	50,0
Na F	14,8	15,2	$CaBr_2$	61,5	60,2
Na Cl	27,4	27,2	$SrCl_2$	55,6	51,9
Na Br	33,1	34,2	$SrBr_2$	66,9	62,5
Na J	39,7	42,2	SrJ_2	80,0	77,3
K F	29,4	23,4	BaF_2	31,8	36,3
K Cl	42,0	37,7	$BaCl_2$	57,1	54,1
K Br	47,7	44,2	$BaBr_2$	68,5	70,3
K J	54,3	54,1	BaJ_2	81,7	79,5
Rb Cl	53,4	54,7			
Rb Br	59,1	59,5			
Rb J	65,7	70,2			

Die Übereinstimmung findet angenähert in den Grenzen statt, innerhalb derer die Voraussetzung der Formel, die Additivität des Molekularvolumens, erfüllt ist.

Über die strahlungsartigen Erscheinungen des Wasserstoffsuperoxyds;

von L. Graetz.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 219.)

Der Vortrag bezweckt hauptsächlich, die photographischen Wirkungen, die vom Wasserstoffsuperoxyd ausgehen, durch Projektion zu demonstrieren.

Zwei auffallende Tatsachen zeigen diese photographischen Wirkungen. Erstens gehen sie durch eine Reihe fester und flüssiger Substanzen hindurch, sogar durch Metalle, so daß sie deswegen als Strahlungserscheinungen zu bezeichnen sind. Zweitens gelingt es mit ihrer Hilfe, Gegenstände zu photographieren, welche gar nicht zwischen der Strahlungsquelle und der photographischen Platte sich befinden, eine Erscheinung, welche ich als Rückabbildung bezeichnet habe und welche mit keiner sonst bekannten Strahlungsart zu erzielen ist.

Der strahlungsartige Charakter wird dadurch bewiesen, daß die Wirkung durch Papier, Gelatine, Celluloid, Ebonit, aber auch durch dünne Metallschichten hindurchgeht. Es wurde die Projektion einer Platte gezeigt, auf welcher ein Netz aus Messingstäben durch H_2O_2 abgebildet war. Auf der einen Hälfte des Bildes mußten die Strahlen durch eine dünne Ebonitplatte hindurchgehen. Die Platte zeigte, daß dieser Durchgang mit einer diffusen Verbreiterung der Strahlen verbunden ist.

Während man zunächst geneigt sein würde, den Dämpfen des H_2O_2 die Wirkung zuzuschreiben, zeigt die nähere Betrach-

tung, daß diese Erklärung nicht möglich ist. Zunächst ist der Durchgang von Dämpfen durch feste Körper und Metalle nicht annehmbar. Ferner aber kann man die Dämpfe fortblasen, ohne daß die Wirkung aufhört. Da H_2O_2 weniger flüchtig als Wasser ist und man Wasserdämpfe von siedendem Wasser schon leicht mit einem nicht sehr starken Luftstrom so fortblasen kann, daß ein Spiegel keine Spur von ihnen zeigt, so sollte man bei einer Lösung von Wasserstoffsuperoxyd von gewöhnlicher Temperatur dasselbe Resultat erst recht erwarten. Aber selbst durch einen Luftstrom von 70 m pro Sekunde Anfangsgeschwindigkeit kann man die Wirkung nicht aufheben, während bei dieser Geschwindigkeit schon Schwefelwasserstoff, welcher sich aus der kalt gesättigten wässerigen Lösung entwickelt, auf Bleiacetat nicht mehr wirkt. Auch die anderen Möglichkeiten, daß es Wasserstoff, Sauerstoff, Ozon, Hydroxylgruppen wären, welche die Wirkung erzeugten, wurden durch besondere Versuche ausgeschlossen. Was das Ozon betrifft, so konnte ich eine photographische Wirkung desselben nicht konstatieren und da die Wirkung auf dem Sidotblendeschirm andere Ursachen hat, so scheint die Ozontheorie der Radioaktivität von SCHENK und RICHARZ doch wenig begründet zu sein.

In einer Beziehung unterscheiden sich die hier untersuchten Strahlen wesentlich von allen anderen Strahlen, nämlich durch die Fähigkeit, Rückabbildungen hervorzubringen, d. h. Abbildungen von Gegenständen, welche nicht zwischen der Strahlungsquelle und der photographischen Platte liegen, sondern außerhalb, auf oder über dem Glas der Platte. Es wurden eine Reihe von Photographien derartiger Versuche gezeigt. Metalle, die auf das Glas der Platte aufgelegt werden, erscheinen hell auf dunklem Grunde. Flüssigkeiten auf der Glasseite bringen umgekehrt die darunterliegende Schicht zu stärkerer Schwärzung. Eine Platte ist auf der Glasseite zur Hälfte mit einem angefeuchteten Fließpapier bedeckt. Ein Hufeisen aus Messing liegt mit der Biegung auf dem feuchten Papier, mit den Füßen auf dem bloßen Glase. Es zeigt sich erstens die bedeckte Hälfte erheblich dunkler als

die unbedeckte, zweitens erscheint die Biegung des Hufeisens hell abgebildet, während die Füße schwarz erscheinen. Während die Metalle, wenn sie auf dem bloßen oder angefeuchteten Glase sich befinden, keine Unterschiede in der Abbildung zeigen, wird das sofort anders, wenn man sie auf Papier legt, das mit anderen Flüssigkeiten als Wasser befeuchtet ist. Auf Kupfervitriol z. B. bilden sich Eisen und Zink sehr viel heller ab, als Blei, Aluminium, Kupfer, Messing. Eisen und Zink gehen mit dem Kupfervitriol chemische Prozesse ein und es zeigt sich allgemein, daß die Metalle, die chemisch mit der Unterlage reagieren, viel heller abgebildet werden.

Es beruhen diese verschiedenen Erscheinungen zunächst auf Temperaturdifferenzen und man kann in erster Linie sagen, daß die kälteren Stellen der Platte sich dunkel, die wärmeren hell abbilden. Die mit angefeuchtetem Papier bedeckte Hälfte der obigen Platte z. B. ist etwas kälter als die unbedeckte Hälfte, das Hufeisen ist in der Biegung etwas wärmer als das feuchte Papier, dagegen sind die Füße kälter als das bloße Glas. Sehr kleine Temperaturdifferenzen geben sich so zu erkennen. Ich habe Unterschiede von $^1/_{50}{}^0$ durch Abbildung kenntlich gemacht. Ob ein Metall sich hell oder schwarz abbildet, beruht nur darauf, ob seine Temperatur etwas höher oder etwas tiefer ist als die des Glases. Auf einer demonstrierten Platte waren zugleich zwei Zinkstücke abgebildet, von denen das eine etwa um 1^0 höher, das andere um ebensoviel tiefer in der Temperatur künstlich gemacht war, als die Temperatur des Glases betrug. Das erste erscheint hell, das zweite schwarz. Die helle Abbildung von Metallen, welche chemische Prozesse eingehen, beruht auch auf der durch Wärmetönung erzeugten höheren Temperatur.

Indes ist die Temperatur allein nicht maßgebend. Herr SCHAUM, der meine Versuche zum Teil wiederholt hat, glaubte schließen zu dürfen, daß die Wirkung bei 0^0 fast verschwindet, dann rasch bis zu einem Maximum steigt und bei höherer Temperatur wieder abnimmt. Derartig lassen sich die Erscheinungen nicht auffassen, vielmehr kann eine Stelle bei jeder Temperatur

schwarz oder weiß sich abbilden, je nach dem Zustande der Umgebung oder, präziser gesprochen, je nach dem Temperaturgefälle.

Schon bei den vorher demonstrierten Abbildungen konnte man erkennen, daß dieselben eine Besonderheit zeigten. Die hellen Abbildungen waren in der Mitte dunkler als am Rande, die dunkeln in der Mitte heller als am Rande. Diese Erscheinung mag als Randwirkung bezeichnet werden. Um dieselbe und ihren Grund in möglichst übersichtlicher Form darzustellen, wurden auf das Glas einer Platte von etwa 21° vier zylindrische Messinggefäße gesetzt, welche Wasser von 19, 20, 20,5 und 21,5° enthielten. Die Abbildungen der ersten drei Gefäße zeigten eine ganz helle Mitte, während der Rand schwarz und zwar bei dem Gefäße von 19° sehr verbreitert war, bei den anderen beiden gradatim weniger. Umgekehrt zeigte das vierte Gefäß eine dunklere Mitte und helleren Rand. Durch besondere thermoelektrische Messung wurde festgestellt, daß, wie zu erwarten, die Temperatur unterhalb des Bodens eines solchen Gefäßes von der Mitte bis zum Rande dieselbe ist. Die Erscheinungen geben folgende Gesetzmäßigkeit. In dem Glase der Platte findet Wärmeleitung statt und in der Nähe jedes Gefäßes ist also ein Wärmestrom vorhanden. Die Stellen nun, von denen der Wärmestrom kommt, bilden sich dunkel, diejenigen, zu denen er hingeht, hell ab. Es ist also nicht die Temperatur maßgebend, sondern das Temperaturgefälle. Es tritt also hier bei einem Wärmestrome an den beiden Polen eine nicht thermische gegensätzliche Wirkung auf, entsprechend den elektrolytischen Wirkungen an den beiden Polen eines elektrischen Stromes.

Das Vorangegangene gibt eine bloße Darstellung des Tatsächlichen und Gesetzmäßigen der auffallenden Erscheinungen. Eine Erklärung für dieselben zu geben, erscheint schwierig. Wenn man annehmen könnte, daß es sich um Elektronen handelte, so wäre eine Zurückführung auf Bekanntes möglich, da in einem Wärmestrome auch Elektronenbewegung vorhanden sein muß. Aber von elektrischen Wirkungen habe ich nichts konstatieren

können. Ob sie nicht vorhanden sind, oder ob sie nur durch die mir zu Gebote stehenden ziemlich geringen Mittel nicht zu erkennen sind, kann ich vorläufig nicht entscheiden. Daß die Erscheinungen sekundärer Natur sind, scheint mir nach einer großen Reihe von Versuchen, über die ich anderwärts berichten werde, ausgeschlossen.

Meiser & Mertig, Dresden-N. d.

Werkstätten für Präzisionsmechanik.

Physikalische Apparate

jeder Art in praktischer, solider u. eleganter Ausführung.

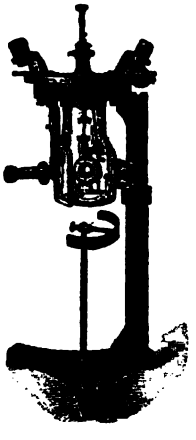
Funkeninduktoren. * Hochspannungsapparate.

Apparate für drahtlose Telegraphie.

Röntgenapparate. * Chemische Geräte.

Viele Empfehlungen und Anerkennungen.

Neue Preisliste kostenlos.



W. Apel, Universitäts-Mechaniker, Inh. Dr. M. Apel.

Geschäftsgründung 1808. **Göttingen.** Geschäftsgründung 1808.

Chemische und physikalische Apparate.

Specialität:

Rauchgasapparate, Calorimeter zur Bestimmung des **Brennwertes** der verschiedenen **Brennstoffe** und von **Gasen,** nach Ferd. Fischer.

Thermometer nach Ferd. Fischer. (Taschenbuch für Feuerungstechniker.)

Apparat zur Bestimmung d. Dielektricitätsconstanten nach Nernst. (Zeitschr. f. physik. Chemie. XIV, 4.)

Totalreflectometer nach Kohlrausch.

Demonstrationsapparate nach Behrendsen und Grimsehl.

Krystallmodelle aus Holz und Glastafeln nach Klein, Naumann und Rose.

Milchprüfungsbestecke nach Tollens.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Lehrbuch der Physik

von **Andrew Gray,**

Professor der Physik an der Universität Glasgow.

Autorisierte deutsche Ausgabe von

Dr. Felix Auerbach,

Professor an der Universität Jena.

Erster Band. **Allgemeine und spezielle Mechanik.** Mit 400 eingedruckten Abbildungen. gr. 8. Preis geh. 20 ℳ, geb. 21 ℳ.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rh.

Spezialfabrik für

Einrichtung wissenschaftlicher Institute

liefern

vollständige Einrichtungen von Hörsälen und Laboratorien

mit

Experimentiertischen, Verdunkelungs-Vorrichtungen, Arbeitstischen, Sammelschränken usw.

Elektrische Stromanlagen, Schalttafeln, Umformer usw.
Projektionsapparate.

Physikalische Apparate

für

Vorlesungen und Übungen im Praktikum.

Illustrierte Preislisten auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 21*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — für reine Physik

Richard Assmann — für kosmische Physik

Inhalt.

1 **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.** Bericht über die Sitzung vom 28. Oktober 1904. William Stern, Demonstration des „Tonvariators". (Vorgetragen in der Sitzung der Abt. 2 der 76. Vers. d. Naturf. u. Ärzte zu Breslau vom 21. September 1904.) S. 302. — F. F. Martens, Über den reinen Einfluß der Temperatur auf Brechungsexponenten, nach Beobachtungen an amorphem Quarz. (Vorgetragen in der Sitzung vom 1. Juli 1904.) S. 308. — F. F. Martens und F. J. Micheli, Über den „Einfluß von Temperatur und Dichte" auf Brechungsexponenten, nach Beobachtungen an Flußspat und Quarz. (Vorgetragen in der Sitzung vom 1. Juli 1904.) S. 311. — E. Goldstein, Über elektrische Entladungserscheinungen und ihre Spektra. (Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Oktober 1904.) S. 315. — **2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.** I. Allgemeine Physik. S. 365. — II. Akustik. S. 367. — III. Physikalische Chemie. S. 368. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 371. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 375. — VI. Wärme. S. 377. — VII. Kosmische Physik. S. 379.

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

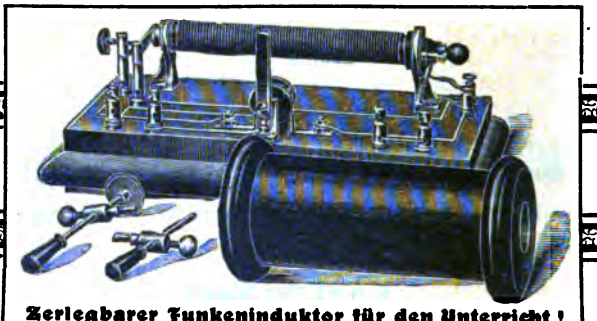
Kröplin & Strecker, Hamburg-Altona

G. m. b. H.

Physikalisch-mechanische Werkstätten * Versuchslaboratorium

Spezialitäten:

Demonstrationsapparate für Universitäten u. Schulen * Funkeninduktoren * Tesla-Apparate * Röntgen-Apparate * Apparate nach Hertz, Lodje u. Lecher * Stationen für Funkentelegraphie * Messinstrumente * Technische Artikel für Industrie u. Sport * Ausarbeitung und Fabrikation von Neuheiten.



Zerlegbarer Funkeninduktor für den Unterricht!

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

H. W. Vogel's Photographie.

Ein kurzes Lehrbuch für Fachmänner und Liebhaber

bearbeitet von **Dr. E. Vogel.**

Mit eingedruckten Abbildungen u. Tafeln. gr. 8. Preis geb. 2,50 Mark.

Verfasser des vorliegenden Buches ist der am 17. Dec. 1898 verstorbene berühmte Photochemiker Professor Dr. **H. W. Vogel**, dessen kurz vor seinem Tode in „Muspratt's Chemie" erschienener Artikel „Photographie" der Bearbeitung dieses kurzen Lehrbuches zu Grunde liegt, welches einen Ueberblick über die Entwickelung der Photographie und den Stand der photographischen Technik am Ende des 19. Jahrhunderts bietet.

Der Name des sowohl als Forscher wie auch als Lehrer hervorragend bekannten Verfassers dürfte dem zum Gebrauch für **Fachmänner** und **Liebhaber** bestimmten, höchst gediegen und vornehm ausgestatteten wie aussergewöhnlich billigen Buche zur besonderen Empfehlung dienen.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

6. Jahrg. 15. November 1904. Nr. 21.

Sitzung vom 28. Oktober 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG.

Der Vorsitzende legt eine Mitteilung vor von Hrn. **Walter Lessing:**

Über Wechselstromentladungen.

Ferner berichtet Hr. **E. Goldstein:**

Über elektrische Entladungserscheinungen und ihre Spektra.

Demonstration des „Tonvariators“; von William Stern.

(Vorgetragen in der Sitzung der Abt. 2 der 76. Vers. d. Naturf. u. Ärzte zu Breslau vom 21. September 1904.)

(Vgl. oben S. 219.)

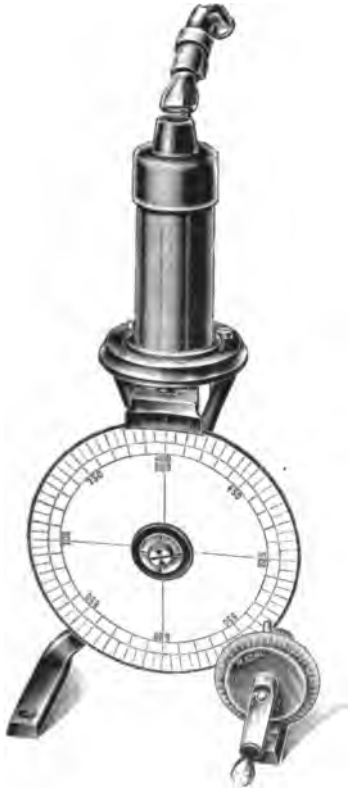
Der akustische Apparat, der hier zur Demonstration gelangt, ist ursprünglich aus psychologischen Untersuchungen hervorgegangen, ist aber durch jahrelange Bemühungen, bei denen mich Herr Mechaniker F. TIESSEN dankenswert unterstützt hat, so vervollkommnet worden, daß er nunmehr den Charakter eines allgemein brauchbaren akustischen Demonstrations- und Forschungsinstrumentes gewonnen hat[1]). Er hat die Aufgabe, vermittelst völlig kontinuierlicher Veränderung der Tonhöhe die Tonreihe in weitem Umfange zu beherrschen, derart, daß jede gewünschte Schwingungszahl sofort eingestellt und jede erreichte Schwingungszahl sofort abgelesen werden kann. Der Ton hat, solange er tönt, konstante Intensität — was einen Vorzug gegenüber den sofort nach Anschlag abklingenden Stimmgabeln bedeutet.

Der Apparat — dessen Fabrikation von der Firma MAX KOHL in Chemnitz, Adorferstr. 20, übernommen worden ist — besteht aus einer Reihe von flaschenförmigen Gefäßen verschiedener Größe („Tonvariatoren“), deren jedes etwa eine Oktave beherrscht. Fig. 1 zeigt einen Variator von vorn gesehen, Fig. 2 gibt eine schematische Darstellung der Konstruktion. Jedes Gefäß wird gebildet durch einen Messingzylinder *C*, dem eine aus Zinkguß gedrehte und mit einem Hals versehene Kappe *K* aufgelötet ist. Der Boden wird durch einen beweglichen, luftdicht schließenden Kolben *Kb* dargestellt, dessen Auf- und Abwärtsbewegung die Tonänderung erzeugt. Zum Tönen wird die Flasche durch einen Luftstrom gebracht, der, von einem Gebläse herkommend, vermittelst eines plattgedrückten Mundstückes *A* schräg gegen den Hals der Flasche

[1]) Eine etwas ausführlichere Beschreibung ist erschienen in der Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. 30, 422, 1902.

gerichtet ist. Angeblasene Flaschen hatte bekanntlich schon HELMHOLTZ für seine akustischen Untersuchungen benutzt, weil sie bei dem Vorzug gleichmäßiger Tonstärke fast ebenso obertonfrei sind wie Stimmgabeln.

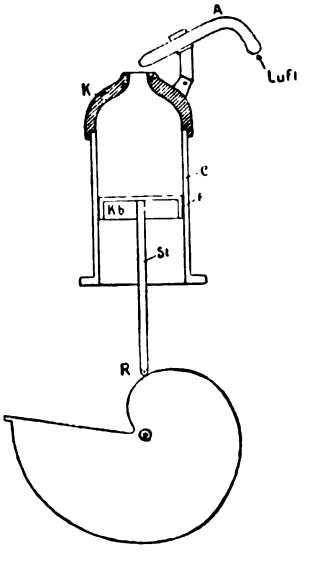
Fig. 1.



Tonvariator.
Präzisionsausführung.

Solange der Luftstrom anhält, tönt die Flasche, während beliebig durch Bewegung des Bodens die Tonhöhe geändert werden kann; es muß also nicht,

Fig. 2.



Schema der Konstruktion
des Tonvariators.

wie bei den sogen. „kontinuierlichen" Stimmgabelreihen, der Ton zur Einstellung einer neuen Tonhöhe unterbrochen werden.

Daß durch Anwendung von Übertragungen eine beliebige Langsamkeit der Bodenbewegung und damit eine beliebig große Allmählichkeit der Tonabstufung erzielt werden kann, ist klar; dagegen verursachte ein anderes Erfordernis, das wenigstens für Präzisionsuntersuchungen durchaus verwirklicht werden mußte,

die größte konstruktive Schwierigkeit: nämlich die Gleichmäßigkeit der Tonhöhenänderung. Beim Steigen des Bodens erhöht sich nämlich der Ton nicht mit gleichmäßiger, sondern mit fortwährend zunehmender Geschwindigkeit, da die Tonhöhe nicht in umgekehrter Proportionalität zur Höhe der tönenden Luftsäule, sondern zur Quadratwurzel aus dieser Höhe steht[1]). Hierdurch ergab sich der Mißstand, daß bei Empor- und Herabkurbelung des Bodens jeder Kurbeldrehung ein anderer Betrag von abgenommenen oder hinzugefügten Schwingungszahlen entspricht. Die Beseitigung des Mißstandes ist nunmehr auf folgende Weise gelungen. Die Stange *St*, welche den beweglichen Boden trägt, läuft vermittelst eines Röllchens *R* auf dem Rand einer senkrecht stehenden Scheibe, welche spiralige Form hat. Steht das Röllchen auf dem kürzesten Radius der Spirale, so hat der Boden seine tiefste Stellung, steht er auf dem längsten Radius, so steht der Boden ganz hoch in der Flasche. Die Spirale ist nun so geschnitten, daß sie bei den kleinsten Radien sehr steil ist und mit steigendem Radius immer flacher wird; es entsprechen somit gleichen Drehungswinkeln immer geringere Hubhöhen des Bodens, und zwar in einer solchen Weise (deren mathematische Berechnung hier übergangen werden muß), daß dadurch die obengenannte Ungleichmäßigkeit gerade kompensiert wird. Nunmehr entsprechen gleichen Drehungswinkeln gleiche Zuwächse der Schwingungszahl.

Auf der gleichen Achse mit der Spirale befindet sich, dem Experimentator zugewandt, ein geteilter Kreis mit den Schwingungszahlen und den musikalischen Tonangaben, der sich bei Drehung der Spirale mitdreht und an einem festen Index vorbeistreicht. An ihm kann man daher in jedem Moment die erreichte Schwingungszahl ablesen. Diese Achse ist durch Übertragung im Verhältnis von 1:10 mit einer anderen verbunden, an welcher sich die Kurbel befindet; an dieser Kurbel dreht sich ein zweiter Teil-

---

[1]) Wie schon Helmholtz seinerzeit für Röhren mit offenen Enden mathematisch berechnet hatte (Crelles Journ. 57) und meine Berechnungen bestätigen, ist

$$n = \sqrt{\frac{c}{h}},$$

wo n die Schwingungszahl, h die Höhe der tönenden Luftsäule und c eine für jede Flasche empirisch zu bestimmende Konstante ist.

kreis mit, welcher Schwingungsbruchteile zwischen die an der Hauptskala abzulesenden Schwingungen zu interpolieren gestattet.

Die beiden auf dem Naturforschertag vorgeführten Variatoren umfaßten die Oktaven 400 bis 800 und 600 bis 1200 Schwingungen; jeder einzelne Variator erlaubte, innerhalb seiner Oktave mehrere tausend Tonstufen herzustellen und abzulesen. Das teilweise Sich-Überdecken der Tonbereiche beider Apparate ist deswegen nötig, weil viele Untersuchungen das gleichzeitige oder unmittelbar folgende Erklingen zweier gleicher oder sehr nahe benachbarter Töne erfordern; Vortragender demonstrierte Unisono, Schwebungen, Differenztöne, Unterschiedsempfindlichkeit für minimale Unterschiede, und wies darauf hin, wie durch die allmähliche Veränderlichkeit des einen Tones bei Festhalten des anderen diese Erscheinungen mit einer Deutlichkeit hervortreten, daß sie sich selbst Ungeübten sofort aufdringlich bemerkbar machen.

Fig. 3.

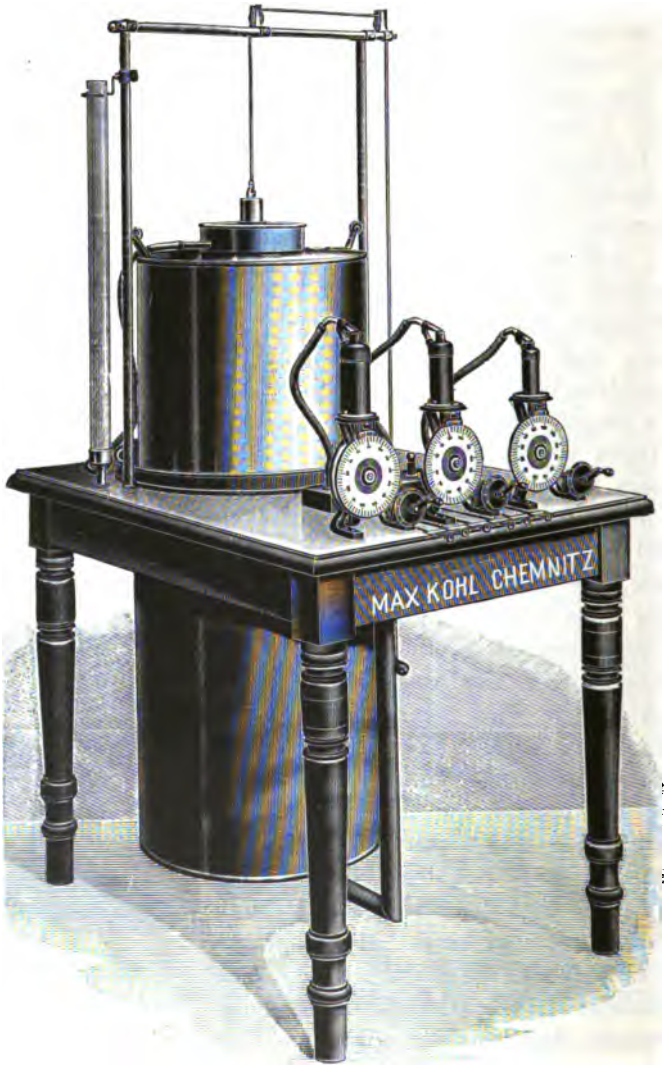
Tonvariator. Einfachere Ausführung.

Der vorgeführte Blasetisch ist bestimmt zum Tragen von sechs Apparaten, die bei teilweisem Übereinandergreifen ihrer Umfänge im Ganzen $3^1/_2$ Oktaven umfassen: von 100 bis 1200 Schwingungen; weitere Apparate, die sowohl nach der Tiefe wie nach der Höhe den Gesamtumfang erweitern sollen, sind ebenfalls geplant. —

Außer dieser hier vorgeführten Form des Tonvariators wird nun neuerdings von der Firma Max Kohl in Chemnitz auch eine einfachere Ausführung konstruiert, welche weniger für exakte Forschungen als für Demonstrations- und Unterrichtszwecke an Universitäten und Schulen bestimmt ist (Fig. 3). Hier wird der Boden direkt durch eine Zahnstange und einen Triebknopf gehoben; es fehlt also die Spirale. Durch eine eigentümliche Hebelkonstruktion ist es möglich gemacht, daß trotz der ungleichmäßigen Geschwindigkeit der Tonänderung ein Zeiger an einer gleichmäßig geteilten Skala die Schwingungszahlen in größeren Distanzen anzeigt. —

Ebenfalls eine Neukonstruktion ist das vorgeführte Gebläse (Fig. 4), für das wir dem amerikanischen Psychologen Prof. WHIPPLE

Fig. 4.



Gebläse mit drei Tonvariatoren.

wertvolle Anregungen zu verdanken haben. Es soll einen Ersatz für den Blasebalg darstellen, dessen Bedienung durch das fortwährend nötige Treten für die Untersuchung sehr störend ist, und dessen Luftdruck sehr leicht kleine mit dem Treten isochrone Schwankungen zeigt. Das neue, nach dem Gasometerprinzip konstruierte Gebläse besteht aus einem großen, nach unten offenen Blechzylinder, der durch seine eigene Schwere in einen anderen, nach oben offenen, mit Wasser gefüllten Zylinder hineinsinkt. Hierbei wird die über dem Wasser befindliche Luft herausgepreßt und unter einem Druck von etwa 15 mm Quecksilbersäule durch eine Röhre den Zuführungsschläuchen der Tonvariatoren zugeleitet. Da der sinkende Kessel nun aber durch die zunehmende Wasserverdrängung stetig an Gewicht verliert, muß auch der Druck der herausgepreßten Luft stetig abnehmen. Dieser Fehler wird kompensiert durch folgende, vom Vortragenden angegebene Vorrichtung. Auf dem sinkenden Kessel befindet sich ein kreisförmiges Gefäß, welches vermittelst eines Schlauches mit einer weiten, am Tisch befestigten Glasröhre kommuniziert. Sinkt nun der Kessel und das kreisförmige Gefäß mit ihm, so tritt aus dem Glasrohr in dieses Gefäß Wasser über, und nun gilt es lediglich, die Dimensionen der beiden kommunizierenden Gefäße so zu wählen, daß durch die zutretende Wasserlast stetig der Gewichtsverlust des sinkenden Kessels kompensiert wird. Ist der Kessel ganz herabgesunken, so genügt ein Zug an einer Schnur, um ihn wieder in die Höhe zu heben; ein durch diesen Zug zugleich geöffnetes Ventil (konstruiert von Herrn F. TIESSEN) läßt wieder neue Luft in den steigenden Kessel eintreten. Ist der Kessel hochgezogen, so kann man sich minutenlang völlig ungestört der Beobachtung des mit völlig gleichmäßiger Intensität klingenden Tones ohne irgend welche Ablenkungen widmen.

Das Gebläse ist nicht nur für Tonvariatoren brauchbar, sondern auch für mannigfache andere Zwecke, denen bisher der Blasebalg diente.

Über den reinen Einfluss der Temperatur auf Brechungsexponenten, nach Beobachtungen an amorphem Quarz;

von F. F. Martens.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 1. Juli 1904.)
(Vgl. oben S. 196.)

Dem Verf. wurde kürzlich von der Firma HERAEUS-Hanau ein von FRANZ SCHMIDT u. HAENSCH-Berlin geschliffenes Prisma aus amorphem Quarz einige Tage zur Verfügung gestellt, wofür er der Firma HERAEUS seinen verbindlichsten Dank ausspricht.

Die Exponenten des amorphen Quarzes sind von H. TROMMSDORFF[1]) bestimmt worden. Verf. hat diese Exponenten in Tabelle 1 mit den nach der KETTELER-HELMHOLTZschen Dispersionsformel berechneten zusammengestellt; die relativen bzw. absoluten von TROMMSDORFF beobachteten Exponenten sind als n beob. bzw. N beob. bezeichnet. Zur Berechnung diente die Formel:

$$N^2 = m + \frac{m' \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda'^2} - k\lambda^2$$

mit den Konstanten:

$$m = 1{,}361\,12 \qquad k = 0{,}013\,50$$
$$m' = 0{,}746\,55 \qquad \lambda' = 0{,}107\,044\,\mu.$$

Für die Wellenlängen sind natürlich ebenfalls die absoluten Werte eingesetzt.

Nach der früher von Herrn MICHELI[2]) angewandten Methode hat Verf. an dem Prisma die Änderungen Δn des relativen, ΔN des absoluten Exponenten pro 1° Temperaturerhöhung bestimmt. Man kann die Frage stellen: Wie müssen sich die Konstanten der obigen Dispersionsformel ändern, damit die beobachteten Änderungen des Exponenten eintreten? Sind dm, dm', $d\lambda'$, dk die Änderungen der Konstanten, so ist

$$\Delta N = \frac{1}{2N}\left(dm + dm'\frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda'^2} + 2m'\lambda' d\lambda' \frac{\lambda^2}{(\lambda^2 - \lambda'^2)^2} - dk\lambda^2\right)$$

[1]) Jenaer Dissertation 1901. Physik. ZS.
[2]) F. J. MICHELI, Ann. d. Phys. (4) 7, 772 bis 790, 1902.

Tabelle 1. Amorpher Quarz. Exponenten nach TROMMSDORFF, Änderung nach MARTENS. tm = 59,8°.

Die Δn ohne Zeichen sind mit Platte 163 gemessen; * Platte 162; ** Mittel aus Platte 160 und 161; *** Platte 161.

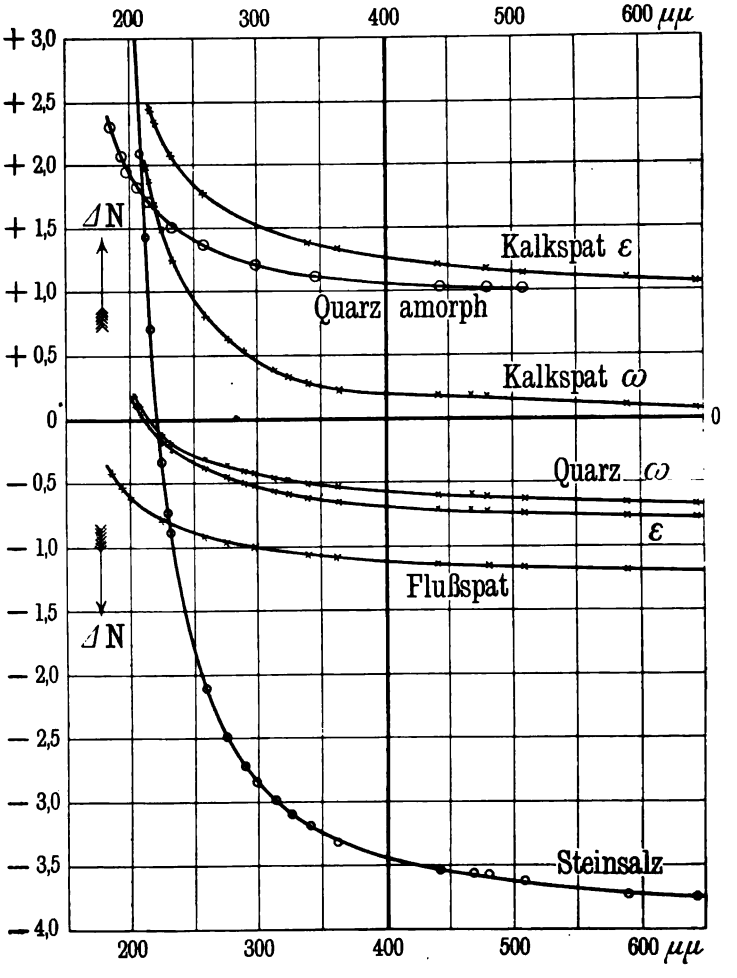
Lichtart	n beob.	$(N-n)$ 10^5	N beob.	N ber.	δ	Δn beob. +	ΔN beob. +	ΔN ber. +	δ
Al 185	1,574 64	52	1,575 16	1,574 83	— 33	2,461	2,319	2,308	— 11
Al 186	1,572 68	52	1,573 20	1,573 29	+ 9	2,413	2,271	2,283	+ 12
Al 193	1,560 71	50	1,561 21	1,560 75	— 46	2,217	2,080	2,084	+ 4
Al 198	1,552 04	49	1,552 53	1,552 70	+ 17	2,100	1,965	1,964	— 1
Zn 202	1,547 29	49	1,547 78	1,547 97	+ 19	—	—	—	—
Zn 206	1,542 69	48	1,543 17	1,543 47	+ 30	1,964*	1,832	1,834	+ 2
Zn 210	1,538 57	48	1,539 05	1,539 12	+ 7	1,881*	1,750	1,776	+ 26
Cd 214	1,533 86	47	1,534 33	1,534 46	+ 13	1,857*	1,728	1,714	— 14
Zn 215	—	47	—	1,533 46	—	1,830*	1,701	1,703	+ 2
Cd 219	1,529 11	47	1,529 58	1,529 66	+ 8	1,794*	1,666	1,654	— 12
Cd 224	—	47	—	1,525 70	—	1,697*	1,570	1,605	+ 35
Cd 226	1,523 18	46	1,523 64	1,523 64	0	1,716*	1,590	1,581	— 9
Cd 231	1,519 54	46	1,520 00	1,519 96	— 4	1,824***	1,699	1,537	— 162
Cd 232	1,518 90	46	1,519 36	1,519 35	— 1	1,651*	1,526	1,531	+ 5
Cd 232	1,518 34	46	1,518 80	1,518 76	— 4	—	—	—	—
Zn 250	1,507 62	45	1,508 07	1,507 97	— 10	—	—	—	—
Zn 255	1,504 72	44	1,505 16	1,505 04	— 12	—	—	—	—
Cd 257	1,503 97	44	1,504 41	1,504 29	— 12	1,495**	1,374	1,366	— 8
Cd 274	1,496 34	43	1,496 77	1,496 67	— 10	1,420**	1,301	1,291	— 10
Cd 288	—	43	—	1,491 99	—	1,349**	1,232	1,248	+ 16
Cd 298	1,488 59	43	1,489 02	1,488 93	— 9	1,341**	1,225	1,220	— 5
Cd 325,5	—	43	—	—	—	1,314***	1,199	1,164	— 35
Cd 328?	1,481 83	42	1,482 25	1,481 53	— 72	—	—	—	—
Cd 340	1,478 77	42	1,479 19	1,479 19	0	—	—	—	—
Cd 346	1,477 66	42	1,478 08	1,478 06	— 2	1,255**	1,141	1,131	— 10
Cd 353	1,476 45	41	1,476 86	1,476 91	+ 5	—	—	—	—
Cd 361	1,475 03	41	1,475 44	1,475 72	+ 28	1,240**	1,127	1,112	— 15
Al 394	1,470 86	41	1,471 27	1,471 36	+ 9	—	—	—	—
Al 396	1,470 69	41	1,471 10	1,471 16	+ 6	—	—	—	—
Cd 398	1,470 28	41	1,470 69	1,470 86	+ 17	—	—	—	—
H 434	1,466 90	40	1,467 30	1,467 46	+ 16	—	—	—	—
Cd 441	1,466 30	40	1,466 70	1,466 84	+ 14	1,151**	1,041	1,050	+ 9
Cd 467	1,464 33	40	1,464 73	1,464 90	+ 17	—	—	—	—
Cd 480	1,463 57	40	1,463 97	1,464 11	+ 14	1,129**	1,020	1,032	+ 12
Cd 508	1,461 90	40	1,462 30	1,462 45	+ 15	1,129***	1,021	1,022	+ 1
Cd 533	1,460 67	40	1,461 07	1,461 21	+ 14	—	—	—	—
Cd 537	1,460 47	40	1,460 87	1,461 00	+ 13	—	—	—	—
Na 589	1,458 43	39	1,458 82	1,458 92	+ 10	—	—	—	—
Cd 643	1,456 73	39	1,457 12	1,457 15	+ 3	—	—	—	—
H 656	1,456 40	39	1,456 79	1,456 79	0	—	—	—	—

Aus drei möglichst verschiedenen ΔN (für die Wellenlängen 508, 226, 185 $\mu\mu$) wurden folgende Änderungen der Konstanten berechnet:

$dm = +0{,}000\,069\,400$ $\quad dk = 0$
$dm' = -0{,}000\,041\,832$ $\quad d\lambda' = +0{,}000\,006\,320\,0\,\mu.$

Die beobachteten ΔN sind in der Figur eingetragen und mit den von Herrn MICHELI früher beobachteten Werten an anderen

Fig. 1.



Substanzen zusammengestellt. Die Änderung von ΔN mit der Wellenlänge λ geschieht bei allen festen Körpern nach dem Ge-

setze, daß der algebraische Wert von ΔN mit abnehmender Wellenlänge zunimmt. Diese Zunahme rührt davon her, daß die Eigenschwingung λ' im Ultraviolett mit zunehmender Temperatur nach der Seite der großen Wellen hinrückt. Interessant ist, daß diese Verschiebung bei amorphem Quarz, der sich fast gar nicht ausdehnt, dieselbe ist wie bei kristallinischem Quarz, also nicht von der Ausdehnung herrührt, sondern eine spezifische Wirkung der Temperatur auf die kleinen Teilchen darstellt, welche zu der Eigenschwingung im Ultraviolett Anlaß geben.

Über den „Einfluss von Temperatur und Dichte" auf Brechungsexponenten, nach Beobachtungen an Flussspat und Quarz;

von F. F. Martens und F. J. Micheli.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 1. Juli 1904.)

(Vgl. oben S. 196.)

Flußspat.

Aus den relativen Exponenten des Flußspats, die der eine von uns in einer früheren Arbeit angegeben hat, und den von KAYSER und RUNGE bestimmten Exponenten der Luft haben wir die absoluten Exponenten N des Flußspats berechnet. Die Exponenten lassen sich durch die bekannte KETTELER-HELMHOLTZsche Dispersionsformel

$$N^2 = m + \frac{m'\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda'^2} - k\lambda^2 \quad \ldots\ldots \quad 1)$$

gut darstellen, wenn man die in Tab. 2 angegebenen Konstanten einsetzt. Durch Differentiieren der Dispersionsformel erhält man

$$\Delta N = \frac{1}{2N}\left(dm + dm'\frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda'^2} + 2m'\lambda' d\lambda' \frac{\lambda^2}{(\lambda^2 - \lambda'^2)^2} - dk\,\lambda^2\right) \quad 2)$$

In der nachstehenden Tabelle 1 sind die früher von dem einen von uns beobachteten und die jetzt berechneten Werte von ΔN zusammengestellt; zur Berechnung von ΔN diente die Formel 2 mit den in Tabelle 3 angeführten Konstanten dm, dm', $d\lambda'$.

Tabelle 1. Flußspat.

λ	ΔN beob.	ΔN ber.	δ	λ	ΔN beob.	ΔN ber.	δ
185	— 0,427	— 0,412	+ 15	231	— 0,849	— 0,840	+ 9
186	— 0,443	— 0,423	+ 20	257	— 0,924	— 0,943	— 19
193	— 0,530	— 0,531	— 1	274	— 0,966	— 0,989	— 23
197	— 0,578	— 0,582	— 4	288	— 0,990	— 1,016	— 26
198	— 0,589	— 0,596	— 7	298	— 1,013	— 1,034	— 21
200	— 0,618	— 0,609	+ 9	325	— 1,056	— 1,071	— 15
204	— 0,662	— 0,653	+ 9	340	— 1,070	— 1,085	— 15
208	— 0,705	— 0,687	+ 18	361	— 1,085	— 1,103	— 18
211	— 0,727	— 0,711	+ 16	440	— 1,132	— 1,145	— 13
214	— 0,758	— 0,737	+ 21	480	— 1,139	— 1,157	— 18
219	— 0,775	— 0,772	+ 3	508	— 1,160	— 1,164	— 4
224	— 0,815	— 0,800	+ 15	589	— 1,193	— 1,178	+ 15

Quarz.

Bildet man die Differenzen $\Delta N_{206} - \Delta N_{508}$, so erhält man für kristallinischen sowie für amorphen Quarz fast dieselben Werte.

Tabelle 2.

	Quarz ω	Quarz ε	Quarz amorph
ΔN_{206}	+ 0,119	+ 0,063	+ 1,832
ΔN_{508}	— 0,635	— 0,729	+ 1,021
Differenz	+ 0,754	+ 0,792	+ 0,811

Die beiden ersten Glieder der Formel 2) ändern sich wenig in dem Bereiche der untersuchten Wellenlängen; die Änderung von ΔN mit der Wellenlänge ist fast nur dem Gliede mit $d\lambda'$ zuzuschreiben. Da diese Änderungen nahezu gleich sind, wurde angenommen, daß für kristallinischen Quarz dieselbe Änderung $d\lambda'$ stattfinde wie für amorphen Quarz. Ferner wurde in allen drei Fällen $dk = 0$ angenommen, weil das Glied $-k\lambda^2$ der Dispersionsformel im sichtbaren Gebiete sehr klein ist und erst im Ultrarot größere Beträge erreicht. Die Werte $d\lambda'$ sind ziemlich sicher, wohl auf 10 Proz. Die berechneten Werte dm und dm' sind viel weniger sicher, da beide Glieder sich nicht sehr stark mit λ ändern und ihr Einfluß demgemäß schwer zu trennen ist.

Tabelle 3. Dispersionskonstanten von Quarz und Flußspat.

	m dm	m' dm'	λ' in μ $d\lambda'$ in μ	k dk
Quarz ω . . .	1,429 19	0,931 73	0,105 805	0,016 35
	+ 0,000 069 390	− 0,000 080 048	+ 0,000 006 320 0	0
Quarz ε	1,438 13	0,950 14	0,106 692	0,017 23
	+ 0,000 067 838	− 0,000 080 195	+ 0,000 006 320 0	0
Quarz amorph	1,361 12	0,746 55	0,107 044	0,013 50
	+ 0,000 069 400	− 0,000 041 832	+ 0,000 006 320 0	0
Flußspat . . .	1,349 78	0,689 51	0,094 674	0
	+ 0,000 027 084	− 0,000 061 747	+ 0,000 006 335	0

Tabelle 4. Quarz.

λ in $\mu\mu$	Quarz ω			Quarz ε		
	ΔN beob.	ΔN ber.	δ	ΔN beob.	ΔN ber.	δ
Zn 202	+ 0,184	+ 0,184	0	+ 0,129	+ 0,129	0
Zn 206	+ 0,119	+ 0,123	+ 4	+ 0,063	+ 0,064	+ 1
Zn 210	+ 0,059	+ 0,066	+ 7	+ 0,008	+ 0,004	− 4
Cd 214	− 0,007	+ 0,007	+ 14	− 0,049	− 0,058	− 9
219	− 0,057	− 0,051	+ 6	− 0,105	− 0,120	− 15
224	− 0,113	− 0,098	+ 15	− 0,179	− 0,170	+ 9
226	− 0,136	− 0,122	+ 14	− 0,204	− 0,195	+ 9
228	− 0,155	− 0,142	+ 13	− 0,222	− 0,217	+ 5
231	− 0,180	− 0,163	+ 17	− 0,241	− 0,239	+ 2
257	− 0,309	− 0,324	− 15	− 0,389	− 0,409	− 21
274	− 0,355	− 0,394	− 39	− 0,444	− 0,482	− 38
288	− 0,399	− 0,435	− 36	− 0,506	− 0,521	− 15
298	− 0,429	− 0,460	− 31	− 0,534	− 0,552	− 18
313	− 0,465	− 0,490	− 25	− 0,568	− 0,585	− 17
325	− 0,469	− 0,512	− 43	− 0,587	− 0,607	− 20
340	− 0,508	− 0,533	− 25	− 0,617	− 0,630	− 13
361	− 0,532	− 0,556	− 24	− 0,640	− 0,655	− 15
441	− 0,587	− 0,611	− 24	− 0,705	− 0,713	− 8
467	− 0,596	− 0,622	− 26	− 0,715	− 0,724	− 9
480	− 0,610	− 0,626	− 16	− 0,722	− 0,729	− 7
508	− 0,625	− 0,635	− 10	− 0,729	− 0,738	− 9
Na 589	− 0,650	− 0,655	− 5	− 0,754	− 0,757	− 3
Cd 643	− 0,660	− 0,660	0	− 0,764	− 0,763	+ 1

Der geringe scheinbare Gang der Differenzen beruht zum Teil auf Beobachtungsfehlern, zum Teil wohl auch auf Vernachlässigung des Gliedes $-dk\lambda^2$ der Formel 2); durch Annahme eines kleinen negativen Wertes für dk wurde die Übereinstimmung

zwischen beobachteten und berechneten Werten etwas besser. Daß die Änderung ΔN des Exponenten beim kristallinischen Quarz negativ ist, wird durch die Ausdehnung bewirkt.

Nach den Herren PULFRICH und POCKELS gilt die Beziehung: „Einfluß von Temperatur und Dichte“ = „Reiner Einfluß der Temperatur“ + „Reiner Einfluß der Dichte“.

Über den „reinen Einfluß der Dichte“ soll an anderer Stelle Näheres mitgeteilt werden.

Über elektrische Entladungserscheinungen und ihre Spektra;

von E. Goldstein.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Oktober 1904.)

(Vergl. oben S. 301.)

Der Vortragende besprach Erscheinungen, welche sich zeigen, wenn man die Entladung des Induktoriums in Stickstoff[1]) von einigen Centimetern Druck in ziemlich weiten Gefäßen ($2^1/_2$ bis $3^1/_2$ cm Durchmesser) übergehen läßt und dabei gleichzeitig das Entladungsgefäß in flüssiger Luft kühlt. Die zylindrischen Entladungsgefäße hatten Drahtelektroden an beiden Enden, bei den meisten Röhren in 6 cm Distanz, aber auch wechselnd bis 12 cm Poldistanz. Bei den erwähnten Drucken bildet das Anodenlicht (positives Licht) der Entladung in der nicht gekühlten Röhre einen schmalen Strang von mehreren Centimetern Länge, dessen Farbe in sehr reinem, ganz trockenem Stickstoff bei nicht zu geringer Stromintensität gelb ist, aber schon durch sehr geringe Beimengungen von Wasserdampf oder freiem Sauerstoff rötlich wird. Das Spektrum dieses Lichtes ist, auch wenn seine Farbe gelb ist, mit dem gewöhnlichen Stickstoffspektrum, welches auch an verdünnter Luft beobachtet wird, identisch, — davon abgesehen, daß die relative Intensität von Rot und Gelb gegen das Luftspektrum etwas verstärkt ist. Senkt man nun die Entladungsröhre in flüssige Luft, so verlängert sich der Entladungsstrang beträchtlich, bis er nahezu die Kathode berührt. Alsdann beginnt er seine Farbe zu ändern, indem er zunächst intensiv goldgelb und dabei von feuriger Intensität wird. Sein Spektrum ist dabei noch immer dasselbe. Bei weiterer

[1]) Der Stickstoff wurde nach verschiedenen Methoden dargestellt: aus Ammoniumnitrit, aus Natriumnitrit mit entsprechenden Zusätzen, auch durch Pyrogallol, doch gab er stets gleiche Resultate.

Kühlung nimmt jetzt die Dicke des Lichtstranges mehr und mehr zu, bis der anfangs nur 2 bis 3 mm dicke Strang den ganzen Querschnitt der Röhre erfüllt. Dabei hat seine Lichtintensität ein Maximum überschritten und ist, obwohl noch sehr kräftig, doch merklich geringer als vor der Verdickung; gleichzeitig ist die Farbe aus Goldgelb in Grüngelb geändert. Der Strang ist also jetzt in eine die Röhrenweite von der Anode bis ganz nahe zur Kathode erfüllende dicke Lichtsäule übergegangen [1]). Bei etwas geringeren Dichten bis herab zu einigen Millimetern Druck bildet die Lichterscheinung ein anscheinend frei zwischen den Elektroden schwebendes dickes ellipsoidisches Gebilde von kokonähnlicher Form. Alle diese Änderungen erfolgen um so schneller, je reiner der Stickstoff und je größer die Intensität des primären Stromes ist.

Wenn die volle Ausbildung dieser dicken Gebilde erfolgt ist, so hat das Spektrum eine erhebliche Änderung erlitten; es enthält noch alle für den Stickstoff charakteristischen Banden in Rot und Gelb bis zur Mitte des Grün — es fehlen aber die sämtlichen sonst von Grün bis ins Ultraviolett reichenden Kannelierungen des bekannten Stickstoffspektrums. Dafür ist jetzt im Grün ein neues breites, bis zur Grenze des Blau reichendes, gleich den roten und gelben Banden schraffiertes [2]) Feld vorhanden und bis zur Wellenlänge 417, wo das Spektrum zu enden scheint, folgen dann im Blau und Violett eine große Anzahl neuer Banden. In ihrer

---

[1]) Der Schlußphase dieser Änderungen scheint eine Beobachtung von Warburg zu entsprechen, welcher (Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1902, S. 1064) bei einem Geisslerschen Rohr mit plattenförmigen Elektroden von 5,5 cm Abstand, das mit Stickstoff von 17 mm Druck gefüllt war, wahrnahm, daß der bei gewöhnlicher Temperatur dunkle Faradaysche Raum sich bei der Temperatur der flüssigen Luft zum größten Teil mit gelblichem, etwas nachleuchtendem Licht füllte. Über das Anodenlicht selbst und etwaige Veränderungen desselben ist allerdings nichts bemerkt. Die Erscheinung wird auf Sauerstoffreste zurückgeführt und als das durch die Kühlung verstärkte Nachleuchten betrachtet, welches in schwach mit verunreinigtem Stickstoff bei atmosphärischem Druck und gewöhnlicher Temperatur den leuchtenden elektrischen Wind bildet.

[2]) Man pflegt als „schraffiert“ bekanntlich Banden zu bezeichnen, in welchen an ein gleichmäßig helles Feld ein Teil sich anschließt, dessen geringere Helligkeit durch feine, dichtgedrängte Striche veranlaßt wird, welche an die Schraffierung einer Strichzeichnung erinnern. Die sämtlichen Maxima im Rot und Gelb bis ins Grün hinein zeigen im Bandenspektrum des Stickstoffs diesen Typus.

im allgemeinen dichtgedrängten Reihe zeigt sich eine größere Lücke zwischen λ 444 bis etwa 429, in welcher nur eine schmale isolierte Bande bei etwa 435 erkennbar ist.

Der Vortragende nimmt an, daß es sich dabei um ein Spektrum des reinen Stickstoffs handelt, der unter dem Einfluß der tiefen Temperatur von noch anhaftenden kleinen Sauerstoffresten befreit werde, indem der durch die Entladung ozonisierte Sauerstoff Stickstoffverbindungen eingeht, die bei der tiefen Temperatur sich ausscheiden und keine merkliche Dampfspannung mehr besitzen. Die Auffassung, daß das beschriebene Spektrum dem reinen Stickstoff zukommt, wird dadurch gestützt, daß das gleiche Spektrum und analoge Lichterscheinungen auch erzeugt wurden, als der Stickstoff in abgeschmolzenen Entladungsröhren an einer Hochspannungsbatterie nach dem Warburgschen Verfahren [1]) mittels elektrolytisch eingeführten Natriums von Sauerstoffresten befreit wurde [2]).

Die große Dickenzunahme der Lichterscheinungen kann nicht erklärt werden durch die Annahme einer weitgehenden Absorption bezw. Kondensation des Gasinhalts, durch welche eine hohe Verdünnung und damit der bei geringer Gasdichte gewöhnliche große Querschnitt der Entladung erzielt würde. Denn die dünne blaue Haut, auf welche auch beim Auftreten der dicken gelben Lichtsäulen das Kathodenlicht sich beschränkt, zeigt die Fortdauer einer hohen Dichte an. Ebenso wird letztere bezeugt durch die Erscheinungen in einem vorher aufs äußerste evakuierten Entladungsgefäß (B), welches man mit einer gleich großen Röhre (A) in Verbindung setzt, nachdem man in der letzteren die dicke Lichtsäule erzeugt hat. Die Entladungserscheinung in der (nicht gekühlten) Röhre B zeigt dann, daß Gas von hoher Dichte übergeströmt ist, was nicht möglich wäre, wenn in A selbst der Gasinhalt nur sehr geringe Dichte besäße.

Mit den Erscheinungen der vom Vortragenden [3]), von

[1]) E. Warburg, Wied. Ann. 40, 1.

[2]) Dieser Teil der Versuche wurde mit freundlicher Erlaubnis des Herrn Geheimrat Hagen an der Hochspannungsbatterie der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angestellt. Bei ihrer Ausführung leistete Herr Dr. E. Gehrcke wesentliche und sehr dankenswerte Unterstützung.

[3]) Goldstein, Verhandl. d. Berl. Physik. Ges. 1883, S. 16 u. Verh. d. D. Phys. Ges. 1, 110 (1900).

HERTZ[1]), von BURKE[2]) und zuletzt von LEWIS[3]) untersuchten leuchtenden Entladungshüllen stimmen die Eigenschaften der dicken, gelben Lichtsäulen ebenfalls nicht überein. Denn sie lassen sich nicht, wie das bei dem Licht der Entladungshüllen der Fall ist, auch außerhalb der eigentlichen Entladungsstrecke, z. B. jenseits der Elektroden und in Seitenröhren der Entladungsgefäße, erzeugen. Die für Stickstoff speziell von HERTZ und von LEWIS studierte Entladungshülle braucht bei diesem Gase zu markierter Entwickelung die Anwendung von Flaschenentladungen, während die hier betrachteten Phänomene durch Flaschenentladungen und schon durch kräftige eingeschaltete Luftfunken geradezu aufgehoben werden. Endlich besteht das Spektrum der Entladungshülle in Stickstoff nur aus drei isolierten Streifen (einem orangefarbenen, einem gelben und einem grünen, der gelbe — nach LEWIS — doppelt), während es sich hier um ein aus zahlreichen, eng gedrängten Maximis bestehendes Spektralbild handelt, das mit einer ausgedehnten Partie des bekannten gewöhnlichen Stickstoffspektrums zusammenfällt.

Bei starken Gasdichten (mehrere Centimeter Hg) lassen die dicken Säulen kein Nachleuchten erkennen. Bei geringen Dichten zeigen sie ein Nachlicht, das aber von viel geringerer Dauer ist als das Licht der Entladungshüllen bei gleicher Gasdichte.

Enge Beziehungen bestehen zwischen den dicken Lichtgebilden und gewissen charakteristischen Entladungsformen. Das Anodenlicht in Luft bildet bei sukzessiv abnehmenden Gasdichten nach dem Verschwinden des (bläulich) weißen Zickzackfunkens einen schmalen, langen bis fast zur Kathode reichenden Lichtstrang von 2 bis 3 mm Dicke. An diesem Strang treten bei weiterer Gasverdünnung alternierende schwache Anschwellungen und Einschnürungen auf, deren Anzahl sich bei abnehmender Gasdichte verringert, während die Länge der einzelnen Anschwellung dann zunimmt. Die Lage der einzelnen Dickenmaxima und -minima ist an dem Strang nicht konstant, sondern oszilliert im Laufe der durch je eine Öffnung des primären Stromes induzierten Entladung entlang

[1]) HERTZ, Verhandl. d. Berl. Physik. Ges. 1883, S. 15 u. Wied. Ann. 19, 809, 1883.
[2]) BURKE, Phil. Mag. (6) 1, 342, 1901.
[3]) LEWIS, Annalen der Physik (4) 2, 466, 1900.

der Rohrachse auf und nieder. Im rotierenden Spiegel, dessen Drehungsachse der Rohr- und Strangachse parallel ist, bilden die Maxima dann stark gekrümmte, gegen die Kathode konvexe helle Streifen. Diese Verhältnisse sind von WÜLLNER [1]) durch Beschreibung und schöne Zeichnungen dargestellt worden. Erscheinungen, die diesen Gebilden analog sind, treten auch auf, wenn die Entladungsgefäße von flüssiger Luft umspült sind. Zum Studium der bezüglichen Phänomene benutzt man dann zweckmäßig Stickstoff, der noch merklich sauerstoffhaltig ist, weil sonst die Transformationen des Lichtstranges in die gelbe Säule für die Beobachtung zu schnell vor sich gehen. Man kann auch getrocknete, verdünnte Luft dazu benutzen, in welcher die Änderungen bei Kühlung so langsam verlaufen, daß man die einzelnen Phasen bequem verfolgen kann. Man findet dann, daß die dicke zylindrische Säule durch sukzessive Umbildung des zylindrischen Entladungsstranges entsteht [2]). Bezüglich der Anschwellungen zeigt sich, 1. daß diese Phase wie auch die Phase des zylindrischen Stranges unter dem Einfluß der Kühlung bei erheblich geringerer Gasdichte auftritt als ohne die Kühlung, 2. daß die Anschwellungen viel dicker sind als in der nicht gekühlten Luft, so daß sie als rundliche Knoten erscheinen, 3. daß diese Knoten an dem Strang kaum noch auf und nieder oszillieren, sondern fast ganz konstante Lage behalten (im Drehspiegel sind demgemäß die entsprechenden Lichtkurven im größten Teil ihres Verlaufes zu parallelen geraden Streifen geworden), 4. daß die geknotete Entladung, indem sie sich verdickt, in ein gelbes Gebilde mit der entsprechenden Zahl von Anschwellungen übergeht. Die eingangs erwähnte Kokonform (Ovoid oder verlängertes Ellipsoid) bildet sich aus, wenn das Entladungslicht sich auf einen einzigen Knoten reduziert hat, und dieser dann in gelbem Leuchten anschwillt. Durch Umbildung von zwei Knoten entsteht eine in der Mitte etwas eingeschnürte Form. Schwächt man bei Luft die Entladungsintensität, welche die dicken Gebilde liefert, wieder sukzessiv ab, so beobachtet man die gleichen Formen, nur in immer geringerer Dicke und immer rötlicherer Färbung, so

[1]) WÜLLNER, Pogg. Ann., Jubelband, S. 32, 1874.

[2]) Die erreichbare Maximaldicke ist in Luft geringer als in möglichst sauerstofffreiem Stickstoff.

daß sie schließlich in die gewöhnlichen Entladungsbilder übergehen.

Nach den oben beschriebenen Versuchen liegt die Folgerung nahe, daß sauerstofffreier Stickstoff ein schraffiertes Spektrum gibt, dagegen O-haltiger ein außerdem aus kannelierten Partien bestehendes. Dieser Schluß wäre aber irrtümlich: Denn man braucht nach Erzeugung der dicken Lichtsäule in den Schließungskreis nur einen starken Funken einzuschalten oder Flaschenentladungen durch die Röhre gehen zu lassen, um sofort wieder die Kannelierungen des gewöhnlichen Stickstoffspektrums hell hervorzurufen. Die Reihe der Kannelierungen setzt sich dann sogar bis ins Rot, bis zur äußeren Grenze des sonst schraffierten Teiles des Spektrums fort, und das schraffierte Spektrum ist kaum noch erkennbar.

Diese Spektralbeobachtungen bilden eine unverkennbare Bestätigung der von PLÜCKER und HITTORF [1]) schon vor 40 Jahren aufgestellten, inzwischen meist ignorierten Behauptung, daß der Sticktoff im Anodenlicht zwei Bandenspektra besitzt. Das eine bestehe aus nur kannelierten Teilen (es wurde von PLÜCKER und HITTORF bis zum Gelb verfolgt), das andere nur aus schraffierten Teilen. Die inneren Enden beider Spektra überdeckten einander. Durch Flaschenentladungen sei das eine Spektrum in das andere überzuführen. PLÜCKER und HITTORF machten ihre Beobachtungen an Stickstoff, der aus Luft mittels Pyrogallol gewonnen und dann in kapillaren Spektralröhren der Entladung unterworfen wurde. Zur Erklärung ihrer Beobachtungen nahmen PLÜCKER und HITTORF die Existenz von zwei Modifikationen des Stickstoffs an, von denen der einen das kannelierte, der anderen das schraffierte Spektrum zukommt. Der Annahme solcher allotroper Modifikationen scheint auch DESLANDRES [2]) geneigt zu sein, der im gewöhnlichen Stickstoffspektrum drei Gruppen von Maximis unterscheidet, von denen die erste und zweite durch Allotropien zu erklären seien, die dritte (ganz im Ultraviolett gelegene) dagegen einem Oxyd des Stickstoffs angehöre. Die erste DESLANDRESsche Gruppe reicht

---

[1]) PLÜCKER u. HITTORF, Phil. Trans. 155, 1, 1864.
[2]) DESLANDRES, Ann. Chim. Phys. (6) 15, 46.

nach seinen Zeichnungen mit beigefügter Skala von λ 690 — 500 (Rot bis Grün), die zweite von etwa λ 530 — 280 (Grün bis Ultraviolett). Beachtenswert scheint, daß das an den dicken Lichtsäulen beobachtete Spektrum nicht an der Grenze von DESLANDRES erster Gruppe endigt, sondern erheblich weiter nach der brechbareren Seite, wie schon oben bemerkt bis etwa λ 417, zu verfolgen ist.

Die beschriebenen Verdickungserscheinungen und Änderungen der Spektra blieben aus, als dem Stickstoff einige Prozent Wasserstoff beigemengt wurden. (Auch in reinem Wasserstoff selbst zeigten sich entsprechende Erscheinungen nicht.) Gewisse andere kleine Verunreinigungen sind mit der Ausbildung dicker Lichterscheinungen in Stickstoff vereinbar, alterieren dann aber das Spektrum durch das Auftreten neuer Maxima, eventuell bis zur schließlichen Verdrängung des Stickstoffspektrums und zum Auftreten sehr charakteristischer neuer Spektra. Es scheint sich teilweise dabei um die Bildung neuer Verbindungen zu handeln, die nur bei relativ tiefen Temperaturen zustande kommen.

Vielfach wurde in dem oben beschriebenen Bandenspektrum, welches die dicken Lichtsäulen des möglichst gereinigten Stickstoffs liefern, außer den Streifen, aus denen es konstant besteht, das Auftreten von scharfen Linien beobachtet, die weder dem Quecksilberspektrum noch dem Stickstoffspektrum zweiter Ordnung angehören. Es zeigte sich bei näherer Untersuchung, daß diese Linien zum Spektrum derjenigen Metalle gehören, aus denen die jeweilige Kathode besteht, und daß das Metall im Kathodenlicht verdampft. Auch bei so schwerflüchtigen Metallen wie Platin und Iridium findet diese Verdampfung statt, während die Entladungsröhre in flüssige Luft taucht, und der Dampf verbreitet sich auf beträchtliche Entfernungen von der Kathode; bei 10 cm langen Röhren bis zum anderen Ende derselben. Die Verdampfung selbst ist nicht bedingt durch die am positiven Licht oben beschriebenen Erscheinungen. Denn sie findet auch statt, wenn Kathode und Anode nahe nebeneinander stehen, wobei positives Licht bekanntlich sich überhaupt nicht entwickelt.

Es ist hier ein neues Verfahren gewonnen, um die Spektra der Schwermetalle bequem in großer Intensität und meist in reicher Linienzahl zu erhalten. Auf diese Weise wurden dargestellt die Spektra von Kupfer, Silber, Gold, Platin, Palladium, Iridium, Mangan, Eisen, Nickel, Kobalt, Zink, Blei und Kadmium, von Leichtmetallen auch Aluminium und Magnesium. Bei Legierungen machen die Komponenten sich geltend.

Bisher galt die Natur der Kathode als gleichgültig für das Spektrum des Kathodenlichts [1]). Es ergab sich aber jetzt, daß das Spektrum der Schwermetalle sogar auch ohne Kühlung im Kathodenlicht gewöhnlicher verdünnter Luft in einer Anzahl von Linien sich markiert. Da bei der üblichen Darstellung der Metallspektra zwischen den Polen einer Leidener Batterie sie am besten in einer Wasserstoffatmosphäre zu gewinnen sind, wurde auch bei den Kathoden der induzierten Entladung versuchsweise verdünnter Wasserstoff angewandt. Dann traten die Linien der Schwermetalle aber überhaupt nicht auf, obgleich Zerstäubung der Kathode stattfand. Je reiner aber der Stickstoff ist, desto heller und linienreicher werden die Metallspektra und desto intensiver auch das schon direkt wahrnehmbare Leuchten der Metalldämpfe. Am stärksten leuchten die Metalldämpfe, wenn der Kathodenteil der Röhre in flüssige Luft taucht. Die glänzendsten, auch im tageshellen Zimmer als kräftiges Leuchten sichtbaren Erscheinungen gaben Palladium, Silber und Kupfer. Sie geben wie die meisten daraufhin untersuchten Schwermetalle, grünes Licht in von Metall zu Metall variierender Nuance. Ist das Kathodenlicht noch wenig dick, so bildet das Licht einiger Metalle eine Aureole um das blaue Kathodenlicht, so z. B. bei Palladium und Kupfer. Gelangt der Dampf der Schwermetalle in das Gebiet der dicken Lichtsäule, so färbt er dieselbe bei manchen Metallen kräftig, und nach Unterbrechung der Entladung sieht man dann eine (grün) leuchtende Wolke des Metalldampfes durch die Röhre sich von der Kathodenseite nach der Seite der Anode bewegen. Sehr markiert tritt diese Erscheinung z. B. bei Palladium und Nickel, unter den Leichtmetallen bei Magnesium auf. Auffallend ist nun bei sämtlichen

[1]) Nur bei Magnesium-Kathoden hatte ich selbst (N. Form elektr. Abstoßung, p. 112, Berlin 1880) eine grünleuchtende Hülle um den Kathodendraht beobachtet, welche das Spektrum des Magnesiums gab.

Metallen, daß das Leuchten der Metalle und ihr Spektrum, also die Dampfbildung schon im ersten Moment der Entladung ohne erkennbare Zeitdifferenz gegen das Aufleuchten der Stickstoffmaxima erscheint, auch wenn man die Röhre ohne Stromdurchgang sehr lange in flüssiger Luft gekühlt hat. Wenn mit Rücksicht auf bekannte Eigenschaften des Auges es auch möglich erscheint, daß zwischen beiden Erscheinungen eine Zeitdifferenz bis zu etwa $^1/_{10}$ Sekunde besteht, so kann doch keinesfalls angenommen werden, daß in so kurzer Zeit eine merkliche Erhitzung der Kathodenmasse erfolgt, wie sie gewöhnlich als Ursache der Kathodenzerstiebung betrachtet wird. Die rapide Verdampfung der Kathodenoberfläche tritt nicht nur bei ganz dünnen Drähten auf, sondern zeigt sich z. B. auch noch bei Kupferdrähten von 8 mm Dicke, immer unter gleichzeitiger Kühlung durch flüssige Luft. Es scheint, daß gewisse Strahlen an der Kathode (die S_1-Strahlen [1]) auf die Oberfläche eine näher zu studierende Wirkung ausüben, die in ihren Ergebnissen den Effekten einer sehr hohen Temperatur gleichwertig ist. —

Wendet man zur Erzeugung der Schwermetallspektra das gewöhnliche Mittel der Leidener Flasche an, die zwischen Poldrähten aus dem untersuchten Metall sich entladet, so kann man das Gas, in dem die Entladung stattfindet, auch verdünnen. Jedoch werden die Spektra dabei immer linienärmer. Als Medium kann neben Wasserstoff dann auch jedes indifferente, nicht oxydierende Gas verwendet werden. Nach diesem Verfahren, mittels starker Flaschenentladungen, hat neuerlich Lewis [2]) das Kathodenmetall in Stickstoff verdampft, während er gleichzeitig auch durch den Entladungsschlag der Flasche die Entladungshülle des Stickstoffs erzeugte. Er beobachtete dann, daß in dem Spektrum der nachleuchtenden Entladungshülle, welches an sich aus den drei isolierten Streifen besteht, bei einigen Metallen auch einzelne Linien der letzteren auftreten. Mit diesen Beobachtungen ist das hier beschriebene, für alle Metalle anwendbare Verfahren zur Erzeugung meist sehr linienreicher Spektra mittels Verdampfung der Kathoden durch ihre eigene Strahlung nicht zusammen-

[1]) Vergl. diese Verhandlungen 4, 64, 1902.
[2]) P. Lewis, Physik. Zeitschr. 5, 546, 1904.

zuwerfen. Bei starken Flaschenentladungen treten auch Kathodenstrahlen überhaupt nicht auf. —

Der Vortragende beabsichtigt, neben einigen von diesen Metallspektren das Spektrum der dicken, gelben Lichtsäulen des Stickstoffs von der Mitte des Grün bis zu den brechbarsten Teilen photographisch aufzunehmen. Gleichzeitig sollen dann genauere Messungen der einzelnen Maxima vorgenommen werden. Die bisherigen Versuche zu ihrer Festlegung mußten sich auf die Benutzung eines Handspektroskops mit Wellenlängenskala beschränken.

Max Kohl ❀ Chemnitz i. S.

Werkstätten für Präzisions-Mechanik

liefert als Spezialität:

Komplette Einrichtungen f. physikalische und chemische Laboratorien.

Physikalische und chemische Apparate und Gerätschaften.

Elektrotechnische Abteilung.

Notis: Außer den in meinem Etablissement vorhandenen modern eingerichteten **Mechaniker-Werkstätten** habe ich auch eigene **Dampftischlerei, Holz-, Metall- und Fein-Lackiererei, Klempnerei, Schlosserei, 2 Präzisions-Teilmaschinen etc.** in meiner Fabrik und bin deshalb in der Lage, alle vorkommenden Arbeiten durch mein eigenes Personal ausführen zu lassen. Meine Herren Abnehmer haben dadurch Gewähr, zu mäßigen Preisen solid ausgeführte Apparate zu erhalten, bei deren Konstruktion stets die neuesten auf dem Gebiete der Wissenschaft gemachten Fortschritte Berücksichtigung finden! 230 Arbeiter, 30 Beamte, 6600 □m Arbeitsfläche, ca. 120 Arbeitsmaschinen.

Einrichtungen kompl. Röntgenkabinette mit Funkeninduktoren aller Größen und für jede Betriebsart. (Die Kohl'schen Funkeninduktoren werden allseitig als die preiswertesten und leistungsfähigsten anerkannt.)

Neu! Spinthariskope, mit Fluoreszenz-Schirm und einer kleinen Menge Radium auf beweglichem Zeiger, um die außerordentlichen radioaktiven Eigenschaften des Radiums zu zeigen. Preis Mk. 24.—.

Preislisten mit ausführlichen Beschreibungen, Referenzen etc. kostenfrei.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Die bisherige Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Aus der dem Reichstage am 19. Februar 1904 überreichten Denkschrift. ❀ ❀ ❀ ❀ ❀ ❀

Mit einem Verzeichnis der Veröffentlichungen aus den Jahren 1901 — 1903. ❀ ❀ ❀ ❀ ❀

Lex.-8°. 26 Seiten. Preis geheftet 1 Mark.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rh.

Spezialfabrik für

Einrichtung wissenschaftlicher Institute

liefern

vollständige Einrichtungen von Hörsälen und Laboratorien

mit

Experimentiertischen, Verdunkelungs-Vorrichtungen, Arbeitstischen, Sammelschränken usw.

Elektrische Stromanlagen, Schalttafeln, Umformer usw.

Projektionsapparate.

Physikalische Apparate

für

Vorlesungen und Übungen im Praktikum.

Illustrierte Preislisten auf Verlangen.

Jahrg. 2 *Heft 22*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

Inhalt.

1 **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.** Bericht über die Sitzung vom 11. November 1904. S. 825. — I. Traube, Über die Bedeutung der Oberflächenspannung im Organismus. (Vorgetragen in der Sitzung vom 11. November 1904.) S. 826. — Edgar Meyer und Ernst Müller, Über die Ursache der Ionisation der Phosphorluft. (Vorgetragen in der Sitzung vom 11. November 1904.) S. 832. — L. Zehnder, Ein neues Halbschattenpolarimeter. (Vorgetragen in der Sitzung vom 11. November 1904.) S. 837. — Walter Lessing, Über Wechselstrom-Entladungen. (Mitteilung aus dem physikalischen Institut der Universität Erlangen.) (Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Oktober 1904.) S. 840. — **2. Halbmonatliches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik.** I. Allgemeine Physik. S. 887. — II. Akustik. S. 888. — III. Physikalische Chemie. S. 888. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 890. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 894. — VI. Wärme. S. 895. — VII. Kosmische Physik. S. 897.

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 8 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Richard Müller-Uri, Braunschweig.

Neben der Technischen Hochschule.

Glastechnische Präzisions-Arbeiten. — Braun'sche Röhren, extragroß, mit Netzteilung. — „Compendium", Geißler-Röhrenserie. — Vakuumröhren nach Crookes, Goldstein, Lecher, Lenard, Puluj, Röntgen etc. — Original-Vakuum-Skala nach Chas. R. Cross. — Quecksilber-Bogenlampen nach Arons, Fabry-Perot, Gumlich. — Graduierte vierwandige Gefäße für flüssige Luft. — Stromdemonstrations-Apparat nach Möller und Schmidt. — Tesla-Apparate, modifiziert. — Mac Farlan-Moores-Vibrator-Apparat. — Elektroskope und luftelektrische Apparate nach Exner. — Trockensäulen. — Thermometer für Extrem-Temperaturen (+ 550° C bezw. — 200° C) — Projektions-Thermometer in flachen Mänteln. — Kanalstrahlen-Röhren etc. etc. — Neue Spektralröhren, D. R. G. M. — Präzisions-Vakuometer zur Quecksilber-Luftpumpe, neues Modell etc. etc.

Neue Apparate und Utensilien aus dem Gebiete der

Polarisation, Spektroskopie, Photometrie, Projektion, Spiegelablesung,

sowie verschiedene optische Spezialinstrumente empfehlen

Franz Schmidt & Haensch,

Berlin S. 42, Prinzessinnenstr. 16.

Prospekte kostenfrei.

Apparate

für

Seilwellenversuche nach Wilh. Volkmann

Assistent für Physik an der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin

Alleinige Fabrikanten:

Georg Beck & Co., Berlin-Rummelsburg.

Spezialfabrik für wissenschaftliche Instrumente.

Photometer

Spektral-Apparate

Projektions-Apparate

Glas-Photogramme

Physik. Apparate n. Prof. Grimsehl

Optisches Institut von A. Krüss

Inhaber: Dr. Hugo Krüss. HAMBURG.

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

6. Jahrg. 30. November 1904. Nr. 22.

Sitzung vom 11. November 1904.

Vorsitzender: Herr E. WARBURG, später Herr E. HAGEN.

Es trug vor Hr. **I. Traube:**

Über die Bedeutung der Oberflächenspannung im Organismus.

Ferner berichtete Hr. **Edgar Meyer:**

Über die Ursache der Ionisation der Phosphorluft nach gemeinsam mit Hrn. ERNST MÜLLER angestellten Versuchen.

Endlich beschrieb Hr. **L. Zehnder:**

Ein neues Halbschattenpolarimeter.

Als Mitglied wurde in die Gesellschaft aufgenommen:

Hr. WILHELM H. WESTPHAL, stud. rer. nat., Berlin W. 10, von der Heydtstr. 1.

Über die Bedeutung der Oberflächenspannung im Organismus;

von I. Traube.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 11. November 1904.)

(Vergl. oben, S. 325.)

E. OVERTON[1]) hat nach plasmolytischer und sonstigen Methoden für eine große Anzahl der verschiedensten Stoffe festgestellt, ob und mit welcher Geschwindigkeit dieselben in die Zellen diosmieren. Er zeigte, daß die osmotische Geschwindigkeit in fast allen Fällen parallel geht dem Teilungskoëffizienten in Fetten und Wasser, und er nahm daher an, daß die cholestearin- und lecitinhaltigen Membranen das Eindringen der Flüssigkeiten in den Zellen entsprechend ihrer Löslichkeit in jenen fettartigen Substanzen vermitteln.

Diese Hypothese OVERTONS ist indessen nicht die einzige, welche die Tatsachen erklärt, und es scheint zum mindesten, daß nicht immer dem Eindringen der Flüssigkeiten in die Zellen eine Lösung in der Fettsubstanz vorausgehen muß.

Ich habe alle diejenigen Stoffe, deren osmotische Geschwindigkeit von OVERTON bestimmt worden ist, nach kapillaren Methoden auf ihre Oberflächenspannung hin untersucht[2]). Ich fand hierbei, daß die osmotische Geschwindigkeit und Oberflächenspannung und damit auch der innere Druck der Flüssigkeiten einander vollständig parallel gehen.

Stoffe, welche in Wasser gelöst (Salze, Rohrzucker usw.), im allgemeinen nicht durch die lebenden Zellen dringen, erhöhen die Oberflächenspannung und den inneren Druck des Wassers.

Stoffe, welche (wie Glycerin, Glykol, Acetamid) langsam den Protoplasten durchdringen, erniedrigen die Oberflächenspannung des Wassers in derselben Reihenfolge in geringem Maße.

---

[1]) OVERTON, Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich **40**, 1, 1895; **44**, 88, 1899; ZS. f. Physik. Chem. **22**, 189, 1897.

[2]) Vgl. u. a. meine früheren Arbeiten Ber. d. D. chem. Ges. **17**, 2294, 1884; Journ. f. prakt. Chem. **31**, 177, 1885; Ann. Chem. Pharm. **265**, 27.

Stoffe endlich, welche (wie gewöhnliche Alkohole, Ester, Fettsäuren usw.) schnell eindringen, bewirken einen stark erniedrigenden Einfluß auf die Oberflächenspannung des Wassers.

Die Differenz der Oberflächenspannungen — der Oberflächendruck — ist danach die treibende Kraft bei den osmotischen Vorgängen. Von der Größe dieser Kraft hängt es ab, ob und mit welcher Geschwindigkeit der osmotische Druck sich einstellt. Sie ist aber keineswegs identisch mit dem osmotischen Druck[1]) und ist als neue bewegende Kraft zweifellos für die mannigfaltigsten Vorgänge im Organismus von großer Bedeutung.

Meine Theorie besagt einfach, daß, wenn zwei Flüssigkeiten durch eine Membran (mit engen Kapillarwänden) getrennt werden, diejenige Flüssigkeit durch die Membran diosmiert, deren Oberflächenspannung am geringsten ist.

Wird die Membran fortgelassen, so gilt ganz dasselbe. Nicht das Salz oder die Salzlösung diffundiert in das Wasser, sondern das Wasser diffundiert in die Salzlösung. Auch diese neue Auffassung der Diffusionsvorgänge scheint mir namentlich in Hinsicht auf die Konzentrierungsvorgänge im Organismus von nicht unerheblicher Bedeutung zu sein.

Ebenso ergibt sich eine sehr einfache neue Theorie der Löslichkeit.

Äthylalkohol und Wasser sind „nicht mischbar" miteinander, sondern Äthylalkohol, die Flüssigkeit mit geringerer Oberflächenspannung, „ist löslich" in der Flüssigkeit mit größerer Oberflächenspannung, d. h. im Wasser. Nicht Chlornatrium löst sich in Wasser, sondern das Wasser löst sich in der Oberflächenschicht des Chlornatriums.

Amylalkohol ist aus demselben Grunde löslicher in Wasser als umgekehrt. Wird Wasser mit Amylalkohol überschichtet, so wird in dem Maße, als sich mehr und mehr Amylalkohol in Wasser löst, die Oberflächenspannung der wässerigen Lösung sich mehr und mehr derjenigen der darüber befindlichen Amylalkoholschicht nähern.

[1]) Für äquivalente und isosmotische Lösungen ist der Oberflächendruck meist sehr verschieden, hat auch häufig ein entgegengesetztes Vorzeichen.

Haben beide Schichten die gleiche Oberflächenspannung, so kann eine weitere Lösung nicht erfolgen, die Lösung ist gesättigt. Die Oberflächenspannung der gesättigten Lösung kann nie kleiner sein (wohl aber größer) als die der gelösten Substanz. Diese Folgerungen der Theorie wurden in vollstem Maße bestätigt.

Zum Beispiel fand ich in meinem Kapillarrohre für Wasser die Steighöhe 92,5 mm bei 15°, für Amylalkohol = 33,3 mm und für die gesättigte wässerige Lösung von Amylalkohol = 33,7 mm[1]).

Von den zahlreichen weiteren Folgerungen dieser Theorie der Löslichkeit sei nur noch folgendes erwähnt:

Wenn wir Stoffe wie Methyl-, Äthylalkohol usw. dem Wasser zusetzen, so wird die Oberflächenspannung des Wassers in meßbarer Weise verringert, d. h. diese Stoffe haben das Bestreben, die Oberfläche des Wassers zu vergrößern. Diesem Bestreben umgekehrt proportional ist aber das Bestreben jener Stoffe, in Lösung zu gehen (im Wasser), d. h. die Lösungstension. Diese Lösungstension steht daher in einfachster Beziehung zur Oberflächenspannung. In demselben Verhältnis als beispielsweise Methylalkohol die Oberflächenspannung des Wassers weniger erniedrigt als Äthylalkohol, ist die Lösungstension des ersteren Stoffes in Wasser größer als diejenige des Äthylalkohols.

Wird nun über der wässerigen Lösung solcher Alkohole ein Fett oder Benzol usw. geschichtet, so wird der Teilungskoeffizient sich um so mehr zugunsten des Fettes usw. verschieben, je geringer die Lösungstension und je größer der Einfluß des betreffenden Stoffes auf die Oberflächenspannung des Wassers ist.

Dieses Ergebnis zeigt uns die Richtigkeit der von Overton gefundenen Beziehungen zwischen Fettlöslichkeit und osmotischer Geschwindigkeit, ohne daß wir gezwungen sind, die Fettlöslichkeit als die Ursache des Eindringens in die Zellen anzusehen. Diese Hypothese ist einstweilen ent-

[1]) Vgl. die Tabelle in meinen ausführlicheren Abhandlungen; Pflügers Arch. d. Physiol., Nov. od. Dez. d. J., ferner wird die Abhandl. erscheinen im Phil. Magaz. in einem der demnächstigen Hefte, sowie in Journ. de Chim. Phys.

behrlich, wenn auch keineswegs behauptet werden soll, daß dieselbe nicht in anderer Hinsicht berechtigt ist[1]).

Aber sogar quantitativ finde ich die Beziehungen bestätigt, welche sich zwischen Oberflächenspannung, osmotischer Geschwindigkeit, Diffusion, Löslichkeit und Teilungskoeffizient ergeben haben.

Ich habe früher auf empirischem Wege ein sehr einfaches, sehr angenähert gültiges kapillares Gesetz[2]) gefunden. Äquivalente Mengen homologer Stoffe (wie Alkohole, Ester usw.), in Wasser gelöst, erniedrigen die Oberflächenspannung des Wassers im Verhältnis $1:3:3^2:3^3$.

Danach wirkt beispielsweise 1 Mol. Amylalkohol so stark wie 3 Mol. Butylalkohol usw. und $3^4 = 81$ Mol. Methylalkohol.

Die folgende Tabelle möge u. a. zeigen, mit welcher Annäherung dieses Gesetz zutrifft.

	Konzentration: Äquivalente im Liter	Steighöhe bei 18° C mm
Wasser	—	92,5
Methylacetat	1 normal	58,1
Äthylacetat	$^1/_3$ „	58,0
Propylacetat	$^1/_9$ „	57,7
Isobutylacetat	$^1/_{27}$ „	58,8
Isoamylacetat	$^1/_{81}$ „	59,9
Isobuttersäure	$^1/_3$ „	57,2

Man erkennt, daß selbst die Fettsäuren sich verhalten wie die isomeren Ester.

Dieses Kapillargesetz fand ich auch annähernd bestätigt für den Teilungskoeffizienten von Benzol-Wasser usw.[1]). Aber die überraschendste Bestätigung fand jenes Gesetz und damit meine gesamten theoretischen Anschauungen auf dem Gebiete der Narkotica.

Hans Meyer und namentlich Overton[3]) haben auf die nahen

[1]) Vgl. meine ausführlichen Abhandlungen, l. c.

[2]) I. Traube, Ann. Chem. Pharm. 265, 27; Forch, Wied. Ann. 68, 810, 1899.

[3]) Vgl. meine ausführlichen Abhandlungen, l. c.

Beziehungen der narkotischen Wirkung und der Fettlöslichkeit hingewiesen. Diese Beziehungen sind nicht zu bestreiten. Danach durfte man erwarten, auf Grund der hier gemachten Darlegungen, daß nicht nur osmotische Geschwindigkeit und narkotische Wirkung, sondern in demselben Maße Oberflächenspannung und narkotische Kraft parallel gehen. Und dies ist selbst bei chemisch verschiedenen Stoffen in weitem Maße der Fall.

Vor allem aber folgt übereinstimmend aus den narkotischen Versuchen von OVERTON an Kaulquappen[1]), von FÜHNER[2]) mit befruchteten Seeigeleiern und von JOFFROY und SERVEAUX[3]) an Kaninchen, daß die narkotische Wirkung homologer Stoffe (wie Alkohole, Ester, Äther usw.) mit wachsendem Molekulargewicht in demselben Verhältnisse $1:3:3^2:3^3\ldots$ zunimmt wie die Oberflächenspannung.

In der folgenden Tabelle sind die relativen Mengen enthalten, welche die gleiche narkotische Wirkung ausüben.

	JOFFROY und SERVEAUX an Kaninchen		OVERTON an Kaulquappen		FÜHNER an Seeigeleiern	
	Mol. per Liter	Quotient	Mol. per Liter	Quotient	Mol. per Liter	Quotient
Methylalkohol . .	1,267	3,1	0,57	2,0	0,719	1,8
Äthylalkohol . . .	0,408		0,29		0,408	
n-Propylalkohol .	0,090	4,5	0,11	2,6	0,136	3,0
n-Butylalkohol . .	—	2,9	0,038	3,0	0,045	3,0
Isopropylalkohol .	—		0,13	3,0	—	
Isobutylalkohol .	0,031	3,1	0,045	2,0	—	
Isoamylalkohol . .	0,010		0,023		0,020	
n-Heptylalkohol .	—		—		0,00170	3,3
n-Octylalkohol . .	—		—		0,00051	
Caprylalkohol . .	—		0.0004		0,0008	

[1]) OVERTON, Studien über die Narkose, Jena.
[2]) FÜHNER, Arch. f. exper. Path. u. Pharmak. **51**, 1, 1903; **52**, 701, 1904.
[3]) JOFFROY und SERVEAUX, Arch. d. méd. expér. et d'Anatom. pathol. 7, 569, 1895.

	Overton an Kaulquappen	
	per Liter Mol.	Quotient
Aceton	0,26	3,0
Methyläthylketon . .	0,09	3,0
Diäthylketon	0,029	
Methyacetat	0,08	2,7
Äthylacetat	0,03	2,9
Propylacetat	0,0105	
Isobutylacetat . . .	0,057	3,3
Isoamylacetat	0,019	

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt weniger auf physikalisch-chemischem, als auf physiologischem, pharmakologischem und medizinisch-klinischem Gebiete.

Die Einführung des Oberflächendruckes an Stelle des osmotischen Druckes in der Physiologie hat zur Folge, daß zahlreiche Vorgänge, die man bisher häufig glaubte nur mit „vitalen“ Kräften erklären zu können, nun eine einfache Deutung finden. Soweit dies die noch im Gange befindlichen Versuche übersehen lassen, findet die Theorie eine vortreffliche Bestätigung sowohl in bezug auf die Vorgänge im Magen und Darm, wie der Niere, der Haut usw. Auch die Wirkung der Zellwände und Membranen findet durch die hier festgestellte Beziehung zwischen Oberflächenspannung und osmotischer Geschwindigkeit eine neue Beleuchtung, vor allem aber die Wirkung der meisten Heilmittel (Antipyretica, Anaesthetica, Narkotica, Diuretica, Excitantia usw.), deren Wirkung in erster Linie nur in der Änderung der Oberflächenspannung besteht. Viele dieser Stoffe wirken katalytisch oft in kleinster Menge, indem sie sich an bestimmter Stelle im Organismus festsetzen und dort Oberflächenspannung wie osmotische Geschwindigkeit verändern. Es ergibt sich, daß ein solcher Katalysator nicht nur beschleunigend, sondern sogar auslösend wirken kann. Besondere Ausblicke eröffnet diese Arbeit auch auf dem Gebiete der Toxine[1]), der Fällung von Colloiden und Bakterien, sowie der amöboiden Bewegungen[2]).

Charlottenburg, Technische Hochschule.

[1]) Es zeigt sich, daß Toxin und Antitoxin sich in hohem Maße hinsichtlich der Oberflächenspannung und damit auch osmotischer Geschwindigkeit usw. unterscheiden. Diese Tatsache führt zu wichtigen Folgerungen.

[2]) Vgl. meine Abhandlungen in Pflüg. Arch. d. Physiol.

Über die Ursache der Ionisation der Phosphorluft;

von Edgar Meyer und Ernst Müller.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 11. November 1904.)

(Vergl. oben, S. 325.)

1. Im folgenden erlauben sich die Verfasser einige Versuche mitzuteilen, die aber nicht so neu sind, wie es anfangs schien. Bei der genaueren Literaturdurchsicht fand sich nämlich, daß sich schon ELSTER und GEITEL [1]) dieselbe Frage vorgelegt hatten, und ganz ähnliche Versuche zu ihrer Beantwortung anstellten. Der Gegenstand bietet aber vielleicht genügend Interesse, um noch einmal kurz darauf einzugehen.

Wenn Phosphor an der Luft sich langsam oxydiert, so wird die umgebende Luft ionisiert und der Sauerstoff teilweise ozonisiert. Da dieser Vorgang von einer Lichtemission begleitet ist, so liegt der Gedanke nahe, die Ionisierung und Ozonisierung der Phosphorluft der Wirkung dieser Lichtemission [2]) und nicht der Oxydation selbst zuzuschreiben. Die folgenden Versuche bezweckten, diese Auffassung in bezug auf die Ionisierung zu untersuchen.

Schon HARMS [3]) hat die Vermutung ausgesprochen, daß eine sekundär mit der Phosphoroxydation verbundene Reaktion die Ionen liefert.

2. Die Anwesenheit von Spuren gewisser Dämpfe in der Luft, in welcher sich Phosphor befindet, verhindert dessen Leuchten. Es wurde nun untersucht, ob bei Anwesenheit dieser Dämpfe mit dem Leuchten des Phosphors auch die Leitfähigkeit der Luft verschwindet, die Oxydation des Phosphors dagegen bestehen bleibt. Fig. 1 zeigt den benutzten Apparat. *CCC* ist ein Zylinderkondensator, der aus einem kreisförmig zusammengebogenen Messingnetz besteht, in dessen Mitte sich ein Messingstab

[1]) ELSTER und GEITEL, Wied. Ann. **39**, 321, 1890.
[2]) LENARD, Ann. d. Phys. (4) **1**, 486, 1900.
[3]) HARMS, Phys. ZS. **5**, 93, 1904.

befindet. Das Netz wird durch eine Hochspannungsakkumulatorenbatterie auf etwa 270 Volt geladen. Der Stab ist mit dem einen Quadrantenpaare eines DOLEZALEKschen Elektrometers verbunden. Das zweite Quadrantenpaar war geerdet. *S* ist ein zur Erde abgeleiteter Schutzring, *P* der feuchte Phosphor. In das unten zu einer Kugel aufgeblasene Glasröhrchen *G* konnte ein Tropfen Schwefelkohlenstoff gebracht werden; dessen Dampf diffundierte durch eine in der Kugel *G* befind-

Fig. 1.

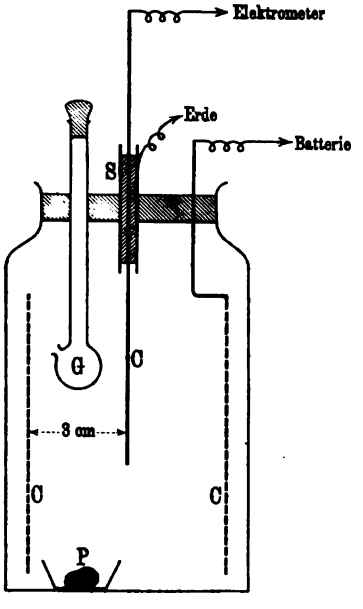
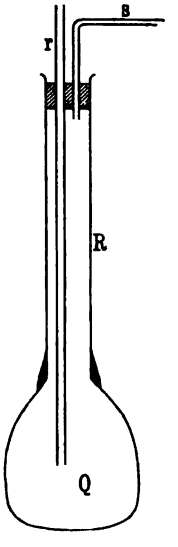


Fig. 2.



liche Öffnung und gelangte so in das große Gefäß. Während nun vor dem Einbringen des Schwefelkohlenstoffs das heterostatisch geschaltete Elektrometer bei einer Reihe von Versuchen in etwa 30 Sekunden einen Ausschlag von 180 Skalenteilen (Doppelmillimeter) anzeigte (Skalenabstand etwa 1,5 m), zeigte es nach Einbringen des Schwefelkohlenstoffs in derselben Zeit keinen Ausschlag an. Gleichzeitig war das Leuchten des Phosphors und die eigentümliche Nebelbildung verschwunden. Das gleiche Resultat wurde erhalten, wenn man statt des Schwefelkohlenstoffs Äther oder Terpentinöl benutzte. Da die letztere Substanz

weniger flüchtig ist, als die beiden anderen, so dauert es bei der Verwendung von Terpentinöl etwas länger, bis das Leuchten des Phosphors und die Leitfähigkeit der Luft verschwand; durch sanftes Blasen in das Röhrchen G läßt sich in diesem Falle das Eintreten der Erscheinung beschleunigen. Es wurde nun untersucht, ob in Luft, die mit einem der drei genannten Dämpfe beladen ist, Oxydation des Phosphors stattfindet. Es zeigte sich jedoch, daß der Druck der Phosphorluft im geschlossenen Gefäße während mehrerer Stunden konstant blieb, sobald die Luft Spuren eines der Dämpfe enthält, während bei Nichtanwesenheit der Dämpfe in der Phosphorluft im gleichen Zeitraume eine Druckabnahme von etwa 60 mm Hg beobachtet wurde. Da bei diesem Versuche gleichzeitig Oxydation, Lichtemission und Leitfähigkeit verschwindet, kann man daraus keinen Schluß darauf ziehen, ob die Leitfähigkeit der chemischen oder der Lichtwirkung zuzuschreiben ist.

3. Man versuchte nun die Frage nach einer die Ionisation bewirkenden kurzwelligen Strahlung dadurch zu entscheiden, daß man an Stelle der Kugel G (Fig. 1) in den Kondensator das an der Glasröhre R mit Siegellack befestigte, sonst allseitig geschlossene Gefäß Q (Fig. 2) aus amorphem Quarz einführte. Die Wandstärke betrug zwischen 0,1 und 0,3 mm, das Volumen etwa 8 ccm. In Q befand sich der Phosphor entweder in Stücken oder in fein verteiltem Zustande, eng an der Wandung anliegend; letzterer wurde leicht dadurch hergestellt, daß man in Q eine Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff verdampfte. Hierzu dienten die Röhren r und s, von denen man die eine mit der Wasserstrahlpumpe verbinden, die andere durch einen Quetschhahn öffnen und schließen konnte. Würde vom Phosphor eine kurzwellige Strahlung ausgehen und den Quarzkolben durchdringen, so müßte dieselbe jetzt die Luft im Kondensator leitend machen. Eine solche Leitfähigkeit konnte jedoch, selbst bei stärkstem Leuchten des Phosphors in Q, nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

4. Es wurde nunmehr untersucht, ob in dem, vom langsam sich oxydierenden Phosphor ausgesandten Licht überhaupt ultraviolette Strahlung enthalten ist. Uranglas und Baryumplatincyanür fluoreszierten unter der Einwirkung dieses Lichtes nicht

Ferner wurde die Einwirkung des Phosphorlichtes auf die photographische Platte untersucht, welche mit einer Quarzplatte und außerdem zur Hälfte mit einer Glasplatte bedeckt war. Dabei war die Anordnung so getroffen, daß die photographische Platte in einem besonderen Kasten luftdicht von dem Phosphor abgeschlossen war, um andere als reine Strahlungswirkung auszuschließen. Die Quarzplatte hatte eine Dicke von etwa 5 mm, das Phosphorstück befand sich in einer Entfernung von etwa 1 cm über derselben. Eine Verschiedenheit der Schwärzung der beiden Hälften der photographischen Platte konnte trotz variierter Versuchsbedingungen nicht nachgewiesen werden.

5. In der oben erwähnten Arbeit haben nun die Herren ELSTER und GEITEL den in § 2 beschriebenen Versuch schon ganz ähnlich mit Terpentinöl ausgeführt. Sie kamen zu demselben Resultat. Ferner zeigten sie, daß durch eine klare Gipsplatte hindurch eine leuchtende Phosphorstange keine elektrische Wirkung ausübt. Auch untersuchten sie als Analogon den kurz unter seiner Entflammungstemperatur ebenfalls leuchtenden Schwefeldampf, ohne aber hier eine merkbare Leitfähigkeit der Luft nachweisen zu können. ELSTER und GEITEL gelangten zu dem Schlusse, daß „an einen auf Emission ultravioletten Lichtes zurückführbaren Einfluß nicht gedacht werden könne". Unsere Versuche bestätigen diejenigen von ELSTER und GEITEL vollkommen, und machen es noch wahrscheinlicher, daß die Ionisierung der Phosphorluft nicht durch kurzwellige Strahlen verursacht werden kann.

6. S. GUGGENHEIMER[1]) hat kürzlich die Vermutung ausgesprochen, daß das bei der langsamen Oxydation von Phosphor sich bildende Ozon bei seiner Desozonisation die Leitfähigkeit der Phosphorluft hervorbringe. Wenn nun auch sich desozonisierendes Ozon Leitfähigkeit besitzen würde[2]), so genügt diese doch nicht quantitativ zur Erklärung der enormen Leitfähigkeit der Phosphorluft. Wurde z. B. ein Ozonstrom, der über einige Kristalle angefeuchteten Jodkaliums geleitet wurde, und sich dadurch in starker Desozonisation befand, in den Zylinderkondensator geleitet, so konnte man, wenn überhaupt, nur ganz unsicher eine schwache

[1]) S. GUGGENHEIMER, Phys. ZS. 5, 397, 1904.

[2]) RICHARZ und SCHENK, Sitzber. d. Berl. Akad. vom 17. Dezember 1903, Heft 52.

Leitfähigkeit konstatieren. Beobachtungszeit drei Minuten. Jodkaliumstärkekleisterpapier färbte sich, in den Kondensator gehalten, sofort intensiv blau. Legte man hierauf zum Vergleich ein kleines Stück Phosphor in den Kondensator, so erhielt man in 23 Sekunden einen Ausschlag am Elektrometer von 295 Skalenteilen. Jodkaliumstärkekleisterpapier zeigte dabei aber erst in zwei Minuten eine schwache Bläuung.

Auch geht aus den Versuchen von GOCKEL [1]) hervor, daß es nicht zulässig ist, das Ozon als Ursache der Leitfähigkeit der Phosphorluft heranzuziehen, da, trotz Fortschaffen des Ozons und auch des Sauerstoffs aus der Phosphorluft, die Leitfähigkeit bestehen blieb. Zu demselben Schluß gelangte auch kürzlich G. C. SCHMIDT [2]).

Berlin, Physikalisches Institut der Universität.

---

[1]) GOCKEL, Phys. ZS. 4, 602, 1903.
[2]) G. C. SCHMIDT, Phys. ZS. 5, 445, 1904.

Ein neues Halbschattenpolarimeter;

von L. Zehnder.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 11. November 1904.)

(Vgl. oben S. 325.)

Zur Untersuchung elliptisch polarisierten Lichtes dient in bekannter Weise BABINETs Kompensator in Verbindung mit gekreuzten Nicols, wobei in der Regel ein Fadenkreuz auf einen dunkeln Interferenzstreifen eingestellt wird. Genauer soll mit BIOT-BABINETs Kompensator[1]) gearbeitet werden können, bei dem statt jenes von Interferenzstreifen durchzogenen ein gleichmäßig beleuchtetes Gesichtsfeld hervorgebracht wird, so daß man das analysierende Nicol auf möglichste Dunkelheit einstellt. Aber keine von beiden Einstellungsarten läßt eine sehr große Genauigkeit zu. Um diese zu vergrößern, bringe ich ein Halbschattenpolarimeter mit BIOT-BABINETs Kompensator in Verbindung[2]).

Will man geradlinig polarisiertes Licht untersuchen, so kann dies mit LIPPICHS Halbschattenpolarimeter auch in der Weise geschehen, daß man den Polarisator mit dem Analysator vertauscht, wenn man nur darauf achtet, daß Bündel möglichst paralleler Lichtstrahlen durch Polarisator und Analysator hindurchgehen und daß das Beobachtungsfernrohr auf das Halbschattendiaphragma (des Analysators) scharf eingestellt wird. Will man aber zugleich elliptisch polarisiertes von geradlinig polarisiertem Licht scharf zu unterscheiden imstande sein, so wird man zweckmäßig folgendes abgeänderte Prinzip zur Anwendung bringen:

Die eine Hälfte des Halbschattendiaphragmas wird in bekannter Weise durch ein Nicol, die andere Hälfte aber durch eine aus Rauchglas oder aus farbigem Glase hergestellte plan-

[1]) Mit Benutzung von SOLEILs Prinzip, vergl. WINKELMANN, Handb. d. Physik, Optik, 1. Auflage, S. 721, Anm. 1, 1894.

[2]) Vergl. BRACE, Phys. Rev. 18, 70; 19, 218, 1904.

parallele Platte gebildet, deren Undurchsichtigkeit so groß gewählt wird, daß man mit der benutzten Beleuchtung das Fernrohr auf das Halbschattendiaphragma eben noch gut einstellen kann. Für die Justierung des Prismas und der Rauchglasplatte gelten die aus der Konstruktion von LIPPICHS Polarimeter bekannten Bedingungen. Durch Verwendung entsprechender Nicols oder Rauchglasplatten nebeneinander kann ein drei- oder ein vierteiliges Gesichtsfeld hergestellt werden. Ferner kann durch Einschieben verschiedener Rauchglasplatten hintereinander die durch diese hindurch beleuchtete Diaphragmenhälfte beliebig dunkel gemacht werden.

Mit dem oben nur angedeuteten Halbschattenanalysator nach LIPPICHS Prinzip kann durch jede Einstellung auf Halbschattengleichheit unmittelbar auf die Polarisationsrichtung des einfallenden, geradlinig polarisierten Lichtes geschlossen werden. Anders bei dem Halbschattenanalysator mit der Rauchglasplatte, die bei jeder Drehung des Diaphragmas um die Fernrohrachse eine gleich große Lichtmenge hindurchläßt. Dieser eigenartigen Konstruktion zufolge sind für jeden zu bestimmenden Winkel zwei um einen kleinen Winkel verschiedene Einstellungen auf Halbschattengleichheit vorzunehmen.

Das beschriebene Halbschattenpolarimeter mit Rauchglasplatte hat vor dem einfachen Nicol den Vorteil größerer Genauigkeit, dafür aber den vielleicht nicht schwer wiegenden Nachteil, daß für jeden gesuchten Winkel zwei Einstellungen notwendig sind, aus denen man das Mittel zu nehmen hat. Sucht man z. B. bei der Untersuchung der Metallreflexion Haupteinfallswinkel und Hauptazimut, so stellt man vorläufig, durch Drehen des Halbschattenanalysators um die Fernrohrachse und durch Drehen des Fernrohrs und des reflektierenden Metallspiegels um die Goniometerachse, die eine vom Nicol eingenommene Hälfte des Halbschattendiaphragmas auf größtmögliche Dunkelheit ein. Sodann dreht man einmal im einen, einmal im anderen Sinne um die Goniometerachse bis zur vollständigen Halbschattengleichheit. Das Mittel aus beiden Einstellungen ergibt den Haupteinfallswinkel, auf den man das Fernrohr einstellt. Durch Drehung des Analysators um die Fernrohrachse erhält man für zwei nahe benachbarte Winkel wieder Halbschattengleichheit,

deren Mittel das Hauptazimut ergibt. Es ist einleuchtend, daß durch abwechslungsweise Wiederholung dieser beiden Einstellungen eine größere Genauigkeit erzielt werden kann.

Mit einem solchen Halbschattenanalysator, der noch aus den Mitteln des physikalischen Institutes der Universität München vorläufig versuchsweise hergestellt wurde, habe ich an einem Goniometer, das mir die Herren FRANZ SCHMIDT und HAENSCH freundlichst zur Verfügung stellten und für meine Messungen herrichteten, Bestimmungen von Haupteinfallswinkel und Hauptazimut eines Silberspiegels ausgeführt. In der Tat scheint sich eine weit bessere Übereinstimmung der Ablesungen untereinander zu ergeben, als es nach den bisherigen Verfahren möglich war. Ich hoffe, die Messungen an einem mit aller wünschenswerten Genauigkeit hergestellten Polarimeter fortsetzen zu können.

Berlin N. 24., den 8. November 1904.

Über Wechselstrom-Entladungen;
von Walter Lessing.

(Mitteilung aus dem physikalischen Institut der Universität Erlangen.)
(Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Oktober 1904.)
(Vgl. oben S. 301.)

In einer bisher nur als Dissertation erschienenen Arbeit[1]) habe ich auf Veranlassung von Herrn Professor E. WIEDEMANN geprüft, ob beim Betriebe von Entladungröhren mit Wechselströmen normaler Frequenz (100 Wechsel pro Sekunde) die gleichen Strom- und Spannungsverhältnisse vorhanden sind, wie bei Gleichstrom.

Dabei habe ich eine Erscheinung beobachtet und behandelt, die unabhängig von mir Herr Dr. GEHRCKE (diese Verhandlungen 6, 176, 1904) gefunden und zu einer Methode ausgebildet hat, um mittels Entladungsröhren die Kurvenform von Wechselströmen zu analysieren. Ihm ist, wie er mir brieflich mitteilt, meine Arbeit entgangen. Ich erlaube mir, einen ganz kurzen Auszug derselben mitzuteilen. Es wurde untersucht der Verlauf:

1. des Stromes;
2. des Gesamtpotentiales;
3. des normalen und anormalen Kathodenfalles;
4. des Anodenfalles;
5. des Gefälles auf der positiven Säule in Entladungsröhren.

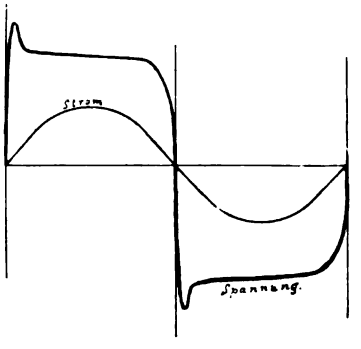
Versuchsanordnung. Der hochgespannte Wechselstrom wurde einem Induktorium entnommen, in dessen Primärspule der ziemlich rein sinusförmige Wechselstrom eines Gleichstrom-Wechselstromumformers gesandt wurde. Direkt mit der Achse des Umformers war ein doppelter Kontaktapparat nach Art der JOUBERTschen Scheibe gekoppelt, mit dessen Hilfe gleichzeitig der Verlauf von Strom- und Spannungskurven im Entladungsrohr festgestellt werden konnte. Einige Sonden an geeigneter Stelle der Entladungsröhren gestatteten mit Hilfe des Kontaktapparates auch den Verlauf von Teilspannungen zu verfolgen.

[1]) W. LESSING, Dissertation, Erlangen 1902.

Resultate.

1. Verlauf des Stromes. Der Verlauf des Stromes erwies sich stets als nahezu sinusförmig. Abweichungen zeigten sich nur in der Nähe des Nullpunktes der Kurve; sie erklären sich aus dem Aussetzen der Entladung, sobald die Spannung am Induktor niedriger als das Entladungspotential geworden ist (vgl. Fig. 1).

Fig. 1.



2. Verlauf des Gesamtgefälles. Solange die Kathode noch nicht völlig mit Glimmlicht bedeckt ist, hat die Kurve für das Gesamtpotential die in Fig. 1 gezeichnete Gestalt. Das Entladungspotential ist während einer Phase konstant. Die kleine Spitze beim Beginn der Entladung erklärt sich aus der bekannten Tatsache, daß stets ein höheres Potential zum Einsetzen der Entladung nötig ist als zu ihrer Aufrechterhaltung.

3. Verlauf des Kathodenfalles. Bei nicht völliger Bedeckung der Kathode mit Glimmlicht erwies sich der Kathodenfall als völlig konstant während der ganzen Phase; kleine Unregelmäßigkeiten, namentlich beim Einsetzen jeder Entladung, erklären sich aus Rückständen der vorhergehenden, im entgegengesetzten Sinne verlaufenen Entladung.

Nach Herrn Ehl[1]) wächst die vom Glimmlicht bedeckte Fläche einer Kathode proportional mit der Stromstärke; benutzt man als Kathode einen dünnen Draht, so bedeckt das Glimmlicht mit zunehmender Stromstärke eine immer größere Länge des Drahtes, und zwar wächst die Länge des mit Glimmlicht bedeckten Teiles des Drahtes direkt proportional mit der Stromstärke. Betrachtet man daher im rotierenden Spiegel das Bild einer Drahtkathode eines Entladungsrohres, welches mit sinoidalem Wechselstrom betrieben wird, so wird das Glimmlicht zu einer blauen

[1]) N. Ehl, Dissertation, Erlangen 1901; Physik. ZS. 3, 547, 1902, zu prinzipiell denselben Resultaten wie N. Ehl ist auch später H. A. Wilson gelangt; Phil. Mag. (6), 4, 608, 1902.

Zur Theorie der Rubensschen Schallröhre;

von O. Krigar-Menzel.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 9. Dezember 1904.)

(Vgl. oben S. 349.)

Bei den von Herrn H. RUBENS vorstehend mitgeteilten Erfahrungen an einer Resonanzröhre mit Flammenreihe zeigen sich in dem dort als „zweiter Zustand" bezeichneten Phänomen einige unerwartete Erscheinungen, während der „erste Zustand" den Erwartungen des Kenners ganz gut entspricht. Die paradoxen Erscheinungen des „zweiten Zustandes" sind folgende drei:

1. Die Flammenmaxima liegen über den Stellen stärkster longitudinaler Bewegung der mitschwingenden Gassäule, die Minima über den Knoten, in denen die gewöhnlichen Druckoszillationen stehender Wellen am stärksten sind.

2. Die hellen Flammen über den Bäuchen der Bewegung brennen ruhig, während im „ersten Zustande" die hohen Flammen über den Knoten deutlich oszillieren, wenn es gelingt, diesen Zustand hinreichend lange aufrecht zu erhalten.

3. Es wird während der Resonanz im ganzen mehr Gas aus den Löchern getrieben, als im stummen Zustande; die größere Gesamthelligkeit der Flammen beweist dies.

Nachdem Herr RUBENS mich auf diese drei Erscheinungen aufmerksam gemacht hat, glaube ich eine Erklärung — wenigstens qualitativ — gefunden zu haben. Bevor ich dieselbe aber mitteile, will ich zwei naheliegende Erklärungsversuche, auf welche der Leser gleich mir zunächst verfallen könnte, abweisen.

Beim Anblick des zweiten Zustandes kommt man auf die Vermutung, daß in den Bewegungsbäuchen dauernd ein höherer Druck herrschen müsse, als derjenige, um welchen in den Knoten die Druckoszillationen stattfinden. Eine solche Annahme ist aber unvereinbar mit der bekannten Wellengleichung, welche sowohl für die Verdichtung wie für das Geschwindigkeitspotential ebener reibungsloser, wirbelfreier Schwingungen gelten muß. Auch die Zuhilfenahme von Gliedern zweiter Ordnung aus den hydrodyna-

mischen Grundgleichungen EULERS schafft dieser Annahme keine Berechtigung, ist übrigens wegen der Schwäche der Resonanzschwingung von vorn herein abzuweisen.

Zweitens könnte man denken, daß in der Gegend der Knoten um die Zeit des Druckmaximums das Gas als Strahl aus den Löchern entsendet wird, während um die Zeit des Druckminimums Luft oder Verbrennungsgase von allen Seiten angesaugt werden müssen, was bekanntlich weniger schafft, so daß auf diese Weise sich ein Defizit an Gas an den Knotenstellen in der Röhre ausbildet. Diese Annahme ist von Herrn RUBENS experimentell widerlegt worden, indem er fast alle Löcher der Röhre verstopfte und trotzdem den „zweiten Zustand" erhielt, wie in seiner Mitteilung angegeben ist. Auch würde diese Erklärung den Punkt 3 nicht berücksichtigen.

Nach meiner Meinung wird der „zweite Zustand" verursacht durch die Reibung der longitudinal schwingenden Gasmasse an der Röhrenwand. Diese Reibung verhindert, daß die der Wand anliegende Schicht die normale Geschwindigkeit annimmt, welche in den achsialen Schichten ungestört zur Ausbildung gelangt. Die dadurch bewirkte Schiebung der Gasschichten erzeugt in den peripherischen Gegenden der Gassäule Wirbel, welche die Gasmassen gegen die Röhrenwand hin drängen und dort eine Überfüllung, einen Überdruck erzeugen. Wenn man annehmen darf, daß das direkt an die Wand anstoßende Gas dort fest haftet, also gar keine Geschwindigkeit annimmt, so kann man wohl den Überdruck nach jener Regel schätzen, welche den Unterschied zwischen hydrostatischem und hydrodynamischem Drucke angibt gleich der halben Dichtigkeit, multipliziert mit dem Quadrat der Geschwindigkeit des frei strömenden Gases. Es mag sein, daß zu den Zeiten der Umkehr der Geschwindigkeit der Überdruck in den peripheren Schichten der Bäuche jedesmal schwindet, so daß auch diese Erscheinung oszillatorisch ist. Die Flämmchen reagieren aber zufolge 2 im „zweiten Zustande" überhaupt nicht mehr auf die schnellen und schwachen Oszillationen, sondern zeigen dann nur den lokalen zeitlichen Mittelwert des Druckes an. Das Charakteristische des Vorganges besteht aber darin, daß die Geschwindigkeit zwar ihr Vorzeichen wechselt, daß der Überdruck aber beidemal positiv wird, wie das bei einer vom

Quadrate der Geschwindigkeit abhängigen Erscheinung zu erwarten ist. Darum ist der zeitliche Mittelwert des Druckes an diesen Stellen höher, während in den Knoten Verdichtung und Verdünnung abwechseln, und ein niederer Mitteldruck entsteht.

Bei weiten Röhren, wie die von Herrn RUBENS benutzte (Durchmesser 8 cm), nehmen die Stellen merklichen Überdruckes gewiß nur einen bescheidenen Bruchteil des Röhrenvolumens ein; deshalb erzeugt die Gasanhäufung in ihnen nur eine geringe Verminderung des Mitteldruckes in den übrigen Gebieten, welcher überdies durch Zuführung neuer Gasmengen immer wieder reguliert wird. Die Flammen brennen daher über den Knoten zwar schwächer als im stummen Zustande (sie werden blau), aber dieser Unterschied ist bei weitem nicht so bedeutend wie bei den etwa zu fünffacher Höhe anwachsenden Flammen über den Bäuchen. Macht man die Versuche bei geschlossenem Gashahn, so sinkt der Mitteldruck bald unter 1 Atm. Herr RUBENS teilt mit, daß die Flammen über den Knoten dann schon während der Resonanz erlöschen, die übrigen bei Eintritt der Stille.

Hierdurch scheinen mir die drei angeführten paradoxen Erscheinungen erklärt zu sein.

Der mittlere Überdruck, welcher im zweiten Zustande die Flammen in die Höhe treibt, ist von Herrn RUBENS auf weniger als $^1/_{100}$ mm Quecksilbersäule geschätzt worden. Man kann nämlich die gleiche Flammendifferenz, welche bei guter Resonanz und mäßig starker Tonquelle auftritt zwischen Bäuchen und Knoten, auf statische Weise zwischen der ersten und letzten Flamme herstellen, indem man das geschlossene Röhrenende um etwa 10 cm hebt. Der Überdruck ist dann gleich der Differenz einer Luftsäule von Zimmertemperatur und einer Leuchtgassäule von etwa 50° C, beide von 10 cm Höhe. Die Zimmerluft hat die Dichtigkeit 0,00120, das Leuchtgas, bezogen auf Normalluft, das spezifische Gewicht 0,42, also die Dichtigkeit bei 50° C

$$\mu_0 = 0{,}42 \,.\, 0{,}001293 \cdot \frac{273}{323} = 4{,}6 \,.\, 10^{-4} \frac{g}{cm^3} \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad 1)$$

Der Überdruck beträgt deshalb

$$\Delta p = (12{,}0 - 4{,}6) \,.\, 10^{-4} \,.\, 981 \,.\, 10 = 7{,}26 \frac{Dyn}{cm^2} \quad \cdot \quad 1\,a)$$

Das sind 0,0055 mm Quecksilbersäule.

Darf man im zweiten Flammenzustande den Überdruck in den an der Bewegung gehemmten Wandschichten der Bäuche als Differenz des hydrostatischen und hydrodynamischen Druckes ansehen, so erlaubt der Zahlenwert von Δp in Gleichung 1a) alle Größen der Resonanzschwingung zu berechnen.

Die Verdichtung σ der stehenden ebenen Wellen in der Röhre folgt bei einem einfachen Ton von der Schwingungsdauer T und der Wellenlänge in warmem Leuchtgas λ der Gleichung:

$$\sigma = A \cdot \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \cdot \sin 2\pi \frac{t}{T} \quad \ldots\ldots 2)$$

Dabei ist A die maximale Verdichtung in den Knoten, x die Abszisse auf der Röhrenachse, gemessen vom geschlossenen Ende, und t die fortschreitende Zeit.

Das Quadrat der Schallgeschwindigkeit ist:

$$c^2 = \frac{\varkappa p_0}{\mu_0} \quad \ldots\ldots\ldots 3)$$

wo $\varkappa$ das Verhältnis der spezifischen Wärmen bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen bedeutet (für Methan ist $\varkappa = 1{,}27$), p_0 den mittleren Druck von rund einer Atmosphäre $= 10^6 \frac{\text{Dyn}}{\text{cm}^2}$ angibt, und μ_0 aus Gleichung 1) bekannt ist. Es besteht noch die Beziehung

$$\lambda = c \cdot T \quad \ldots\ldots\ldots 3a)$$

Der oszillierende Druck ist $p = p_0 (1 + \varkappa \cdot \sigma)$, also nach Gleichung 2)

$$p = p_0 + \varkappa p_0 A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \sin 2\pi \frac{t}{T} \quad \ldots\ldots 4)$$

Die hydrodynamische Grundgleichung von Euler für kleine Geschwindigkeiten u lautet:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\mu_0} \frac{\partial p}{\partial x} \quad \ldots\ldots\ldots 5)$$

Differenziert man Gleichung 4) nach x und setzt den Ausdruck für $\partial p / \partial x$ ein, so ist unter Hinblick auf Gleichung 3)

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{2\pi}{\lambda} c^2 A \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \sin 2\pi \frac{t}{T} \quad \ldots\ldots 5a)$$

Diese Gleichung integrieren wir nach t und setzen die Inte-

grationskonstante, welche die ganz unbedeutende Strömung im Rohre bedeutet, $= o$; dann kommt:

$$u = -\frac{T}{2\pi} \cdot \frac{2\pi}{\lambda} c^2 A \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \cos 2\pi \frac{t}{T} \quad \ldots \quad 6)$$

oder mit Hinblick auf Gleichung 3a):

$$u = -cA \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \cos 2\pi \frac{t}{T} \quad \ldots \quad 6a)$$

Nochmals nach der Zeit integriert, erhalten wir die Verrückungen ξ der Gasteilchen:

$$\xi = \frac{1}{2\pi} TcA \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \sin 2\pi \frac{t}{T} \quad \ldots \quad 7)$$

Aus Gleichung 6a) folgt der Mittelwert des Geschwindigkeitsquadrats in den Bäuchen:

$$u^2 = \tfrac{1}{2} c^2 A^2 \quad \ldots \quad 8)$$

Der mittlere Überschuß des statischen Wanddruckes über den dynamischen Achsialdruck ist nun $\Delta p = \frac{1}{2} \mu_0 u^2$, also nach Gleichungen 8) und 3)

$$\Delta p = \frac{1}{4} \varkappa p_0 A^2 \quad \ldots \quad 9)$$

Diese Formel in Verbindung mit dem Zahlenwert aus Gleichung 1a) liefert den Schlüssel zu allen folgenden Angaben.

Die maximale Verdichtung A ist nach Gleichungen 9) und 1a)

$$A = 2\sqrt{\frac{\Delta p}{\varkappa p_0}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{7{,}26}{1{,}27 \cdot 10^6}} = 4{,}78 \cdot 10^{-3} \quad \ldots \quad 10)$$

Die maximale Geschwindigkeit in den nicht gehemmten achsialen Schichten ergibt sich aus Gleichung 6a)

$$u_{max} = cA = \sqrt{\frac{\varkappa p_0}{\mu_0}} \cdot 2 \sqrt{\frac{\Delta p}{\varkappa p_0}} = 2\sqrt{\frac{\Delta p}{\mu_0}}$$

$$= 2 \sqrt{\frac{7{,}26}{4{,}6 \cdot 10^{-4}}} = 251{,}5 \ \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \quad \ldots \quad 11)$$

Die Amplituden oder maximalen Verrückungen folgen aus Gleichung 7)

$$\xi_{max} = \frac{1}{2\pi} TcA \quad \ldots \quad 12)$$

Herr Rubens wendete, um selektive Resonanz in seiner verhältnismäßig kurzen Röhre (4 m) zu vermeiden, Töne der zwei-

bis viergestrichenen Oktave an. Setzen wir für die Mitte dieses Tonrevieres den Ton c''' mit der Periode $T = {}^1/_{1000}$ sec, so erhält man aus Gleichungen 12) und 11)

$$\xi_{max} = \frac{1}{2\pi} 10^{-3} \cdot 251{,}5 = 0{,}040\,\text{cm} \quad \cdot \cdot \cdot \quad 12a)$$

Ungefähr von dieser Größe dürften auch die Exkursionen der Membran am offenen Röhrenende sein.

Die Druckoszillationen in den Knoten erreichen nach Gleichung 4) die Werte

$$\delta p = \pm \varkappa p_0 A \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad 13)$$

also nach Gleichung 10)

$$\delta p = +1{,}27 \cdot 10^6 \cdot 4{,}78 \cdot 10^{-3} = 6{,}03 \cdot 10^3 \frac{\text{Dyn}}{\text{cm}^2} \quad \cdot \quad 13a)$$

Sie sind also etwas über 400mal so groß, als die in den peripheren Schichten der Bäuche auftretenden Druckschwankungen; aber sie spielen, abwechselnd positiv und negativ, um den Normaldruck, während die viel schwächeren im Mittel einen Überdruck geben. Dadurch erklärt es sich, daß die Flammen im „ersten Zustande", wo die Erregung überdies noch viel kräftiger ist als bei der hier angenommenen Schätzung, den Druckoszillationen folgen und über den Knoten vibrierend brennen, während dies im „zweiten Zustande" nicht mehr zustande kommt, sondern nur noch der kleine mittlere Überdruck wirksam bleibt.

Über die Durchlässigkeit des Argons für ultraviolette Strahlung;

von Edgar Meyer.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 9. Dezember 1904.)

(Vgl. oben S. 350.)

Mit demselben Apparate, nämlich mit dem von KREUSLER[1]) angegebenen photoelektrischen Photometer, mit welchem ich die Absorption des Ozons für ultraviolette Strahlung[2]) gemessen habe, untersuchte ich auch neuerdings die Absorption des Argons für kurzwellige Strahlung.

Das Absorptionsrohr bestand aus einer Glasröhre von 21,2 cm Länge und 3,9 cm Weite, die an beiden Enden mit Quarzplatten von etwa 4 mm Dicke verschlossen war. Dieselbe wurde mit einem nach der Methode von PRYTZ[3]) hergestelltem Gasgemisch von Argon und Stickstoff gefüllt, und die Extinktion der Strahlung gemessen:

1. wenn sich das evakuierte Absorptionsrohr,
2. das mit dem Gasgemisch gefüllte,
3. das wieder evakuierte Rohr im Strahlengange befand.

Die Analyse des Gasgemisches wurde in einem Eudiometer ausgeführt, in dem das Gas über Kalilauge stand. Der Stickstoff wurde, nachdem Sauerstoff zugeführt war, durch elektrische Funken oxydiert und die Oxydationsprodukte durch die Kalilauge gebunden. Der überschüssige Sauerstoff konnte leicht durch alkalische Pyrogallussäure entfernt werden. Es wurde so gefunden, daß in dem verwandten Gasgemisch 49,5 Volumprozente Argon vorhanden waren. Der Rest war Stickstoff.

In der folgenden Tabelle sind zu den Wellenlängen λ in $\mu\mu$ die zugehörigen Extinktionen verzeichnet, einmal, wenn das Rohr evakuiert (Mittel aus den Messungen 1 und 3), dann, wenn es mit dem Gasgemisch gefüllt war.

[1]) H. KREUSLER, Ann. d. Phys. (4) 6, 412, 1901.
[2]) EDGAR MEYER, Ann. d. Phys. (4) 12, 849, 1903.
[3]) PRYTZ, Verhandl. d. D. Phys. Gesellsch. 5, 206, 1903.

λ	Vakuum	Gas	λ	Vakuum	Gas
300	14,0	14,2	220	36,4	39,1
280	19,6	19,8	200	71,1	70,3
260	26,3	26,0	193	75,8	72,6
240	30,1	29,7	186	77,4	78,7

Die größte Differenz ist bei $\lambda = 193\,\mu\mu$ vorhanden, nämlich 3,2 Proz. Da hier aber die evakuierte Röhre die größere Extinktion zeigt, so folgt, daß diese Differenz Beobachtungsfehlern zuzuschreiben ist. Der Hauptfehler entsteht wohl dadurch, daß das Absorptionsrohr zum Evakuieren und Füllen aus dem Apparate herausgenommen werden muß, und es schwierig ist, dasselbe nachher wieder genau gleich einzusetzen. Dann aber auch stimmen bei den kürzeren Wellen die beobachteten Extinktionen nicht so gut unter sich überein, wie bei den längeren Wellen.

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß das Argon in dem Gebiete von $\lambda = 186\,\mu\mu$ bis $\lambda = 300\,\mu\mu$ die ultraviolette Strahlung nicht merklich absorbiert, wenigstens kann diese Absorption bei den hier vorliegenden Verhältnissen 3,2 Proz. nicht überschreiten.

Nach der Messung von KREUSLER l. c. müßte der im Gasgemisch befindliche Stickstoff bei $\lambda = 186\,\mu\mu$ eine Extinktion von etwa 1 Proz. ergeben. Gefunden wurde 1,3 Proz. Da aber mit einem Fehler von 3,2 Proz. zu rechnen ist, ist die Übereinstimmung meiner Messung mit der von KREUSLER nur zufällig.

Bekanntlich enthält die atmosphärische Luft etwa 1 Proz. Argon. Aus meinen Versuchen läßt sich schließen, daß dieses Argon bei der Absorption der kurzwelligen Sonnenstrahlen keine Rolle spielt. Das Sonnenspektrum endet nämlich bei etwa $\lambda = 293\,\mu\mu$ ziemlich plötzlich ohne vorhergehende allmähliche Abschwächung. Hieraus hat CORNU [1]) geschlossen, daß das Ende des Sonnenspektrums bei $\lambda = 293\,\mu\mu$ durch eine in der Atmosphäre befindliche Substanz bedingt sei, die an dieser Stelle ein stark ansteigendes Absorptionsvermögen besitzt. Nach der Hypothese von HARTLEY [2]) ist diese Substanz das Ozon, und in der angeführten Arbeit konnte ich nachweisen, daß sich quantitativ hier-

[1]) A. CORNU, C. R. 88, 1101 u. 1285, 1879; 89, 808, 1879; 90, 940, 1880.
[2]) W. N. HARTLEY, Chem. News 42, 268, 1880.

gegen nichts einwenden läßt. Wenn also hier auch das Argon in Frage käme, so müßte es ein mit kürzeren Wellen stark wachsendes Absorptionsvermögen besitzen, was aber nach meinen Zahlen nicht der Fall ist.

Die eventuell vom Argon ausgeübte Absorption kommt aber auch gegenüber der durch den Sauerstoff hervorgerufenen nicht in Betracht, denn letzterer schwächt nach den Versuchen von KREUSLER l. c. bei $\lambda = 186\,\mu\mu$ in einer Schicht von 20,45 cm die Strahlung um 32,5 Proz., entsprechend einem Absorptionskoeffizienten von 0,020 57.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität.

Mitgliederliste

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Im Jahre 1904 verlor die Gesellschaft durch den Tod:
Dr. F. v. Hefner-Alteneck, Prof. Dr. W. v. Zahn.

Am Ende des Jahres 1904 waren Mitglieder der Gesellschaft:

A. Berliner Mitglieder.

1. Herr Dr. M. Abramczyk *), W., Regensburgerstraße 32.
2. „ Dr. M. Altschul, W., Nachodstraße 11.
3. „ Dr. R. Apt, NW., Lüneburgerstraße 25.
4. „ F. S. Archenhold, Treptow, Sternwarte, Köpenicker Landstraße 49.
5. „ Prof. Dr. H. Aron, W., Lichtensteinallee 3a.
6. „ Dr. L. Arons, NW., Brückenallee 3.
7. „ Dr. E. Aschkinass, W., Achenbachstraße 2.
8. „ Prof. Dr. R. Assmann, N., Seestraße 61.
9. „ O. Baschin, N., Eichendorffstraße 2.
10. „ Dr. W. Bein, W., Emserstraße 25.
11. „ Dr. G. Benischke, Pankow, Kavalierstraße 9.
12. „ Prof. A. Berberich, SW., Lindenstraße 91.
13. „ Dr. A. Berliner, NW., Dorotheenstraße 60.
14. „ Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstraße 72.
15. „ Dr. Fr. Bidlingmaier, Charlottenburg, Kaiser Friedrichstraße 36.
16. „ W. Biegon v. Czudnochowski, NW., Klopstockstraße 32.
17. „ Prof. Dr. E. Blasius, Charlottenburg, Knesebeckstraße 96.
18. „ Oberlehrer A. Blümel, SO., Melchiorstraße 22.
19. „ H. Boas, O., Krautstraße 52.
20. „ Prof. Dr. R. Börnstein, Wilmersdorf, Landhausstraße 10.
21. „ Prof. Dr. H. Böttger, NW., Lessingstraße 10.
22. „ A. du Bois-Reymond, NW., Schiffbauerdamm 29a.
23. „ Dr. E. Bollé, NW., Hannoverschestraße 13.
24. „ Dr. F. Bremer, Nikolassee, Villa Bremer.
25. „ Dr. W. Brix, Steglitz, Hohenzollernstraße 1.
26. „ Prof. Dr. E. Brodhun, Grunewald, Hubertusallee 15.
27. „ Dr. C. Brodmann, NW., Paulstraße 13.
28. „ Prof. Dr. E. Budde, Charlottenburg, Berlinerstraße 54.

*) Berlin ist in dem Verzeichnis weggelassen.

29. Herr Oberlehrer Dr. Robert Burg, Friedenau, Friedrich Wilhelmsplatz 13.
30. „ Dr. A. Byk, W., Lützowstraße 97.
31. „ Dr. A. Denizot, Charlottenburg, Schlüterstraße 7.
32. „ Dr. H. Diesselhorst, Charlottenburg, Marchstraße 25a.
33. „ Dr. B. Donath, Charlottenburg, Stuttgarterplatz 16.
34. „ Prof. Dr. E. v. Drygalski, Bureau der Deutschen Südpolarexpedition, NW., Schiffbauerdamm 27.
35. „ Dr. A. Ebeling, W., Regensburgerstraße 3.
36. „ Prof. Dr. Th. W. Engelmann, NW., Neue Wilhelmstraße 15.
37. „ F. Ernecke, SW., Königgrätzerstraße 112.
38. „ Dr. C. Färber, S., Fichtestraße 2.
39. „ Dr. Felgenträger, Charlottenburg, Werner Siemensstraße 27/28.
40. „ Prof. Dr. K. Feussner, Charlottenburg, Berlinerstraße 80a.
41. „ Dr. H. W. Fischer, NW., Albrechtstraße 13/14.
42. „ Reg.-Rat Dr. A. Franke, W., Augsburgerstraße 7.
43. „ Dr. A. Franke, Groß-Lichterfelde, Sternstraße 28.
44. „ Dr. F. Frankenhäuser, Friedenau, Rembrandtstraße 13.
45. „ Dr. G. A. Freund, NW., Unter den Linden 69.
46. „ Dr. Hermann Fricke, N. 24, Auguststraße 6a.
47. „ Dr. O. Frölich, Wilmersdorf, Berlinerstraße 41.
48. „ R. Fuess, Steglitz, Düntherstraße 8.
49. „ Dr. E. Gehrcke, S., Gneisenaustraße 55.
50. „ Dr. H. Gerstmann, Charlottenburg, Krummestraße 50.
51. „ Dr. Bruno Glatzel, SW., Gneisenaustraße 4.
52. „ Dr. A. Gleichen, SW., Halleschestraße 7.
53. „ Prof. Dr. E. Goldstein, W., Bambergerstraße 6.
54. „ Dr. A. Gradenwitz, W., Körnerstraße 25.
55. „ Dr. E. Grüneisen, Charlottenburg, Marchstraße 25.
56. „ Prof. Dr. L. Grunmach, W., Bayreutherstraße 9.
57. „ Oberlehrer Dr. R. Güntsche, W., Hohenstaufenstraße 7.
58. „ Prof. Dr. P. Güssfeldt, NW., Beethovenstraße 1.
59. „ Prof. Dr. E. Gumlich, Charlottenburg, Schlüterstraße 71.
60. „ W. Haensch, S., Prinzenstraße 71.
61. „ Prof. Dr. E. Häntzschel, W., Gleditschstraße 43.
62. „ Prof. Dr. E. Hagen, Charlottenburg, Werner Siemensstraße 7.
63. „ Oberlehrer H. Hahn, Grunewald, Bismarckallee 24.
64. „ Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstraße 6.
65. „ Dr. O. Hauser, NW., Marienstraße 2.
66. „ P. Heitchen, Charlottenburg, Kaiser Friedrichstraße 67.
67. „ Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstraße 2/3.
68. „ Dr. Fr. Henning, Charlottenburg, Marchstraße 25.
69. „ Prof. Dr. R. Heyne, W., Zietenstraße 3.
70. „ Prof. Dr. J. Hirschwald, Grunewald, Kunz Buntschuhstraße 16.
71. „ Dr. vom Hofe, Groß-Lichterfelde, Stubenrauchstraße 5.
72. „ Prof. Dr. J. H. van 't Hoff, Charlottenburg, Uhlandstraße 2.
73. „ Dr. F. Hoffmann, SW., Belle Allianceplatz 6a.
74. „ Prof. Dr. H. Hohnhorst, SW., Großbeerenstraße 24.
75. „ Prof. Dr. L. Holborn, Charlottenburg, Schloßstraße 3.

76. Herr Oberlehrer Dr. K. Hollefreund, SW., Großbeerenstraße 83.
77. „ Dr. W. Howe, Westend, Kastanienallee 4.
78. „ Oberlehrer Dr. A. Hupe, Charlottenburg, Kantstraße 76.
79. „ Dr. Erich F. Huth, Charlottenburg, Schillerstraße 7.
80. „ Dr. M. Iklé, Schöneberg, Apostel Paulusstraße 27.
81. „ Prof. Dr. W. Jaeger, Friedenau, Handjerystraße 90.
82. „ Dr. E. Jahnke, W., Ludwigskirchstraße 6.
83. „ Oberlehrer O. Johannesson, N., Schönhauserallee 169.
84. „ Reg.-Rat Dr. K. Kahle, Westend, Akazienallee 20.
85. „ Prof. Dr. S. Kalischer, W., Ansbacherstraße 14.
86. „ Prof. Dr. G. Kiesel, O., Langestraße 31.
87. „ Dr. Willy Kiesewetter, Südende, Lichterfelderstraße 37.
88. „ O. Kiewel, W., Schinkelplatz 6.
89. „ Dr. O. Knöfler, Charlottenburg, Fasanenstraße 15.
90. „ Dr. A. Köpsel, Charlottenburg, Kantstraße 69.
91. „ Prof. Dr. F. Kötter, S., Annenstraße 1.
92. „ Dipl.-Ing. Dr. phil. Kock, Charlottenburg, Pestalozzistraße 19.
93. „ Prof. Dr. F. Kohlrausch, Charlottenburg, Marchstraße 25b.
94. „ Prof. Dr. M. Koppe, O., Königsbergerstraße 16.
95. „ Prof. Dr. G. Krech, W., Ansbacherstraße 44/45.
96. „ Prof. Dr. V. Kremser, NW., Spenerstraße 34.
97. „ Dr. H. Kreusler, NW., Reichstagsufer 7/8.
98. „ Prof. Dr. O. Krigar-Menzel, W., Sigismundstraße 3.
99. „ Prof. Dr. F. Kurlbaum, W., Meinekestraße 5.
100. „ Dr. Erich Ladenburg, Charlottenburg, Goethestraße 5.
101. „ Prof. Dr. E. Lampe, W., Fasanenstraße 82.
102. „ Prof. Dr. H. Landolt, NW., Albrechtstraße 14.
103. „ Dr. G. Langbein, Charlottenburg, Schillerstraße 119.
104. „ Oberlehrer Dr. W. Leick, Groß-Lichterfelde, Dahlemerstraße 89.
105. „ Dr. G. Leithäuser, NW., Reichstagsufer 7/8.
106. „ Dr. E. Less, NW., Bachstraße 11.
107. „ Dr. L. Levy, W., Steglitzerstraße 85.
108. „ Schulamtskandidat L. Lewent, W., Motzstraße 87.
109. „ C. Liebenow, W., Fasanenstraße 51.
110. „ Prof. Dr. O. Liebreich, NW., Neustädtische Kirchstraße 9.
111. „ Prof. Dr. St. Lindeck, Charlottenburg, Goethestraße 77.
112. „ Prof. Dr. E. Loew, SW., Großbeerenstraße 67.
113. „ Prof. Dr. O. Lummer, W., Nürnbergerplatz 1.
114. „ Dr. K. Luyken, Charlottenburg, Grolmannstraße 46.
115. „ Dr. F. F. Martens, NW., Reichstagsufer 7/8.
116. „ Dr. O. Martienssen, W., Würzburgerstraße 21.
117. „ Kapitän z. See a. D. A. Mensing, W., Kurfürstenstraße 99.
118. „ Reg.-Rat Dr. E. Meyer, Friedenau, Wielandstraße 23.
119. „ Dr. M. W. Meyer, Charlottenburg, Grolmannstraße 36.
120. „ Dr. Edgar Meyer, NW., Reichstagsufer 7/8.
121. „ Prof. Dr. C. Michaelis, Potsdam, Schützenplatz 1b.
122. „ Prof. Dr. Michaelis, W., Kurfürstenstraße 149.
123. „ Ministerialdirektor a. D. Dr. P. Micke, W., Kleiststraße 15.

124. Herr Prof. Dr. Miethe, Charlottenburg, Kantstraße 42.
125. „ Prof. Dr. R. Müller, S., Schleiermacherstraße 11.
126. „ Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstraße 4.
127. „ Dr. R. Nahrwold, C., Niederwallstraße 12.
128. „ Prof. Dr. Fr. Neesen, W., Ansbacherstraße 31.
129. „ Prof. Dr. A. Paalzow, W., Wilhelmstraße 50.
130. „ Dr. M. v. Pirani, Charlottenburg, Carmerstraße 1.
131. „ Prof. Dr. M. Planck, W., Achenbachstraße 1.
132. „ Prof. Dr. F. Poske, Friedenau, Hauffstraße 2.
133. „ Prof. Dr. E. Pringsheim, NW., Flensburgerstraße 14.
134. „ Prof. Dr. A. Raps, Westend, Ulmenallee 14.
135. „ Fritz Reiche, W., Bendlerstraße 35.
136. „ Prof. Dr. O. Reichel, Charlottenburg, Goethestraße 9.
137. „ Dr.-Ing. H. Reissner, W., Rankestraße 22.
138. „ Dr. L. Rellstab, Schöneberg, Neue Culmstraße 5a.
139. „ Dr. E. Richter, Charlottenburg, Knesebeckstraße 90.
140. „ Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstraße 24.
141. „ Prof. Dr. O. Rosenbach, W., Victoriastraße 20.
142. „ Prof. Dr. H. Rubens, Charlottenburg, Knesebeckstraße 29.
143. „ Dr. Schapheitlin, W., Schaperstraße 17.
144. „ Prof. Dr. Karl Scheel, Wilmersdorf, Güntzelstraße 43.
145. „ Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstraße 3.
146. „ Dr. E. Schenck, Charlottenburg, Schillerstraße 115.
147. „ Prof. M. Schlegel, W., Bellevuestraße 15.
148. „ Dr. Erich Schmidt, W., Pariserstraße 9.
149. „ Dr. O. Schönrock, NW., Jagowstraße 10.
150. „ Prof. Dr. P. Scholz, Steglitz, Fichtestraße 34.
151. „ Dr. R. Scholz, Charlottenburg, Luisenplatz 3.
152. „ Prof. F. Schotte, SW., Großbeerenstraße 27a.
153. „ Dr. W. Schuler, Charlottenburg, Friedbergstraße 16.
154. „ Dr. G. Schwalbe, Zehlendorf (Wannseebahn), Königstraße 13.
155. „ Frhr. v. Seherr-Thoss, W., Hohenzollernstraße 16.
156. „ Prof. Dr. G. Sieben, Groß-Lichterfelde, Sternstraße 9.
157. „ Prof. Dr. A. Siebert, Groß-Lichterfelde, Bellevuestraße 30.
158. „ Wilh. v. Siemens, SW., Askanischer Platz 3.
159. „ Dr. S. Simon, Charlottenburg, Windscheidstraße 21.
160. „ Prof. Dr. W. Sklarek, W., Landgrafenstraße 7.
161. „ Prof. Dr. A. Slaby, Charlottenburg, Sophienstraße 4.
162. „ Dr. W. Starck, Charlottenburg, Holtzendorffstraße 15.
163. „ Dr. H. Starke, NW., Reichstagsufer 7/8.
164. „ O. Steffens, NW., Scharnhorststraße 2.
165. „ Dr. H. v. Steinwehr, Friedenau, Kaiserallee 83.
166. „ Prof. Dr. K. Strecker, W., Keithstraße 20.
167. „ Joh. Theel, SW. 52, Kirchstraße 4.
168. „ Prof. Dr. M. Thiesen, Friedrichshagen, Ahornallee 10.
169. „ Prof. Dr. I. Traube, W., Pariserstraße 55.
170. „ Prof. Dr. E. Warburg, NW., Neue Wilhelmstraße 16.
171. „ Reg.-Rat Dr. C. L. Weber, Groß-Lichterfelde-West.

172. Herr Prof. Dr. W. Wedding, Groß-Lichterfelde, Wilhelmstraße 2.
173. „ Prof. Dr. B. Weinstein, Charlottenburg, Kantstraße 148.
174. „ Dr. K. von Wesendonk, NW., Reichstagsufer 10.
175. „ Ingenieur J. H. West, W., Am Karlsbad 21.
176. „ stud. rer. nat. Wilhelm H. Westphal, W., Von der Heydtstraße 1.
177. „ Prof. Dr. H. F. Wiebe, Charlottenburg, Goethestraße 87.
178. „ Prof. Dr. J. Winzer, Groß-Lichterfelde I, Gerichtsstraße 11.
179. „ Prof. Dr. W. Wolff, W., Fasanenstraße 78.
180. „ Dr. B. A. Woringer.
181. „ Dr. R. Wurtzel, NW., Philippstraße 6.
182. „ Prof. Dr. L. Zehnder, NW., Rathenowerstraße 7.
183. Versuchsabteilung der Verkehrstruppen, W., Wilhelmstraße 101.

B. Auswärtige Mitglieder.

184. Herr Prof. Dr. R. Abegg, Breslau, Kaiser Wilhelmstraße 70.
185. „ Dr. M. Abraham, Göttingen, Nicolausbergerweg 17.
186. „ A. Ackermann-Teubner, Leipzig, Poststraße 3.
187. „ Prof. Dr. K. Ångström, Upsala.
188. „ Prof. Dr. F. Auerbach, Jena.
189. „ Prof. Dr. L. Austin, Washington, Bureau of Standards.
190. „ Dr. U. Behn, Frankfurt a. M., Sachsenlager 13.
191. „ Dr. O. Berg, Greifswald, Roßmarkt 8.
192. „ Dr. G. Berndt, Cöthen (Anhalt), Leopoldstraße 88.
193. „ Dr. G. Berthold, Ronsdorf.
194. „ Prof. Dr. H. du Bois, Adr. Berlin NW., Schiffbauerdamm 21.
195. „ Prof. Dr. L. Boltzmann, Wien XVIII/1, Hainzingergasse 26.
196. „ Dr. E. Bose, Göttingen.
197. „ Prof. Dr. F. Braun, Straßburg i. E., Physik. Institut.
198. „ Prof. Dr. H. Bruns, Leipzig, Sternwarte.
199. „ Prof. Dr. F. Burckhardt, Basel, Elisabethstraße 30.
200. „ Exzellenz Prof. Dr. O. Chwolson, St. Petersburg, Universität.
201. „ Prof. Dr. A. Coehn, Göttingen, Herzberger Chaussee 35.
202. „ Prof. Dr. E. Cohn, Straßburg i. E., Schweighauserstraße 19.
203. „ Dr. S. Czapski, Jena.
204. „ Dr. A. Dahms, Leipzig, Thalstraße 35.
205. „ Dr. A. Day, Washington, DC. US. Geologial Survey.
206. „ Dr. R. Defregger, München, Königinstraße 43.
207. „ Prof. Dr. C. Dieterici, Hannover, Alleestraße 7 k.
208. „ Prof. Dr. F. Dolezalek, Danzig-Langfuhr, Bahnhofstraße 3.
209. „ Prof. Dr. E. Dorn, Halle a. S., Paradeplatz 7.
210. „ Prof. Dr. Drecker, Aachen, Lousbergstraße 26.
211. „ Prof. Dr. P. Drude, Gießen, Nahrungsberg 8.
212. „ Prof. Henry Dufour, Lausanne, Universität.
213. „ Prof. Dr. H. Ebert, München, Techn. Hochschule.
214. „ Dr. J. Edler, Potsdam, Leipzigerstraße 9a.
215. „ Dr. Joh. Ehlers, Jena, Erfurterstraße 4.

216. Herr Prof. Dr. J. Elster, Wolfenbüttel, Lessingstraße 7.
217. „ Dr. R. Emden, München, Gabelsbergerstraße 77.
218. „ Dr. K. T. Fischer, München-Solln 47.
219. „ Dr. K. Forch, Darmstadt, Technische Hochschule.
220. „ Dr. J. Friedländer, Neapel Vomero, Via Luigia Sanfelice, Villa Hertha.
221. „ Prof. Dr. C. Fromme, Gießen.
222. „ Prof. Dr. J. Gad, Prag.
223. „ Dr. H. Gädeke, München, Akademiestraße 1.
224. „ Dr. A. Galle, Potsdam, Geodät. Institut.
225. „ Prof. Dr. H. Geitel, Wolfenbüttel.
226. „ Prof. Dr. J. Ritter von Geitler, Prag II, 1594, Physik. Institut der Deutschen Universität.
227. „ Prof. Dr. D. Goldhammer, Kasan, Universität.
228. „ Prof. Dr. L. Grätz, München, Arcisstraße 8.
229. „ Prof. E. Grimsehl, Hamburg, Immenhof 13.
230. „ Prof. Dr. O. Grotrian, Aachen, Theresienstraße 13.
231. „ Prof. Dr. G. Gruss, Smichow bei Prag.
232. „ Prof. Dr. S. Günther, München, Akademiestraße 5.
233. „ Dr. S. Guggenheimer, München, Briennerstraße 14.
234. „ Prof. Dr. K. E. Guthe, Washington, U. S. A., National Bureau of Standards.
235. „ Realgymnasialdirektor L. Hacker, Brandenburg a. H.
236. „ Prof. Dr. A. Hagenbach, Aachen, Gerlachstraße 9.
237. „ Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff, Basel, Missionsstraße 20.
238. „ Prof. Dr. W. Hallwachs, Dresden-A., Münchenerstraße 2.
239. „ Prof. Dr. Hermann Hammerl, Innsbruck, Müllerstraße 28.
240. „ Prof. Dr. Hartmann, Potsdam, Astrophysik. Observatorium.
241. „ Dr. H. Hauswaldt, Magdeburg-Neustadt.
242. „ Dr. Hecker, Potsdam, Geodät. Institut.
243. „ Prof. Dr. A. Heydweiller, Münster i. W., Physik. Institut.
244. „ Prof. Dr. F. Himstedt, Freiburg i. B., Goethestraße 8.
245. „ Georg Hirzel i. Fa. S. Hirzel, Verlagsbuchhandlung, Leipzig. Königstraße 2.
246. „ Prof. Dr. W. Hittorf, Münster i. W.
247. „ Dr. Christ. von Hofe, Jena, Erfurterstraße 4.
248. „ Dr. M. W. Hoffmann, Potsdam, Neue Königstraße 47.
249. „ Prof. Dr. D. Hurmuzescu, Jassy, Universität, Rumänien.
250. „ Prof. Dr. Georg W. A. Kahlbaum, Basel.
251. „ Prof. Dr. W. Kaufmann, Bonn, Physik. Institut.
252. „ Prof. Dr. H. Kayser, Bonn, Humboldstraße 2.
253. „ Dr. H. Kellner, Buffalo NY. US., Seventh Street 367/373.
254. „ Prof. Dr. J. Kiessling, Marburg a. Lahn, Hasgelstraße 23.
255. „ Prof. Dr. L. v. Klecki, Krakau, Karmelickastraße 44.
256. „ Prof. Dr. F. Klein, Göttingen, Wilhelm Weberstraße 3.
257. „ Prof. Dr. O. Knoblauch, München, Haydnstraße 8.
258. „ Prof. Dr. K. R. Koch, Cannstatt bei Stuttgart, Taubenheimstraße, Villa Koch.

259. Herr Prof. Dr. W. König, Greifswald, Physik. Institut.
260. „ Dr. J. Königsberger, Freiburg i. B., Stadtstraße 20.
261. „ Dr. Fritz Kohlrausch, Rostock, Kosfelderstraße 29.
262. „ Prof. Dr. W. Kohlrausch, Hannover, Nienburgerstraße 3.
263. „ Dr. A. Korn, München, Hohenzollernstraße 1a.
264. „ C. Krall, Elberfeld, Roonstraße 54.
265. „ Prof. Dr. H. Kronecker, Bern.
266. „ Dr. H. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke 7.
267. „ Prof. Dr. Kühnen, Potsdam, Geodät. Institut, Wilhelmsplatz 2.
268. „ Prof. Dr. V. von Lang, Wien IX, Türkenstraße 3.
269. „ Prof. Dr. E. Lecher, Prag II, 1594, Physik. Institut.
270. „ Prof. Dr. O. Lehmann, Karlsruhe, Techn. Hochschule.
271. „ Dr. A. Lessing, Prag, Institut für phys. Chem. d. Deutschen Universität.
272. „ Prof. Dr. Th. Liebisch, Göttingen, Wilhelm Weberstraße 17.
273. „ Prof. Dr. C. Linde, München, Prinz Ludwigshöhe 44.
274. „ Dr. A. Lindemann, Hamburg, Bundespassage 4.
275. „ Dr. Fr. Linke, Göttingen, Herzberger Chaussee 19.
276. „ Prof. Dr. H. A. Lorentz, Leiden.
277. „ Prof. Dr. Lüdeling, Potsdam, Meteor. Observatorium.
278. „ Prof. Dr. K. Mack, Hohenheim bei Stuttgart.
279. „ Dr. A. Mahlke, Dresden-Plauen, Hohestraße 70.
280. „ Dr. E. Marx, Leipzig, Physik. Institut.
281. „ A. Meiner i. Fa. J. A. Barth, Verlagsbuchhandlung, Leipzig, Roßplatz 17.
282. „ Dr. G. Melander, Helsingsfors, Skarpskyttegatan 17.
283. „ Prof. Dr. Georg Meyer, Freiburg i. B., Dreisamstraße 3.
284. „ Prof. Dr. O. E. Meyer, Breslau, Göppertstraße 1.
285. „ Prof. Dr. G. Mie, Greifswald, Domstraße 30.
286. „ Dr. James Moser, Wien VIII/1, Laudongasse 25.
287. „ Prof. Dr. K. von der Mühll, Basel, Universität.
288. „ Dr. E. Müller, Heidelberg, Gaisbergstraße 17.
289. „ Prof. Dr. W. Müller-Erzbach, Bremen, Ostertor-Steinweg 33.
290. „ Prof. Dr. A. Müttrich, Eberswalde.
291. „ Prof. Dr. W. Nernst, Göttingen, Herzberger Chaussee 13.
292. „ Prof. Dr. C. Neumann, Leipzig, Querstraße 10/12.
293. „ Dr. A. Nippoldt, Potsdam, Meteorol.-Magnet. Observatorium.
294. „ Prof. Dr. A. v. Oettingen, Leipzig, Mozartstraße 1.
295. „ Prof. Dr. W. Ostwald, Leipzig, Linnéstraße 3.
296. „ Prof. Dr. L. Pfaundler, Graz, Halbarthgasse 1.
297. „ Dr. A. Pflüger, Bonn, Koblenzerstraße 176.
298. „ Prof. Dr. R. Pictet, Berlin N., Wattstraße 2.
299. „ Prof. Dr. Precht, Hannover, Techn. Hochschule.
300. „ E. Prümm, Braunschweig, Humboldstraße 6.
301. „ Prof. Dr. K. Prytz, Kopenhagen, Falkoneergaardsvej 12.
302. „ Dr. C. Pulfrich, Jena.
303. „ Prof. Dr. G. Quincke, Heidelberg, Hauptstraße 47.
304. „ Prof. Dr. G. Recknagel, Augsburg.

305. Herr H. Regener, Potsdam, Margarethenstraße 33.
306. „ Dr. M. Reinganum, Straßburg i. E., Hermannstraße 5.
307. „ Dr. W. Reiss, Schloß Könitz (Thüringen).
308. „ Ingenieur H. Renisch, Essen a. Ruhr, Ostfeldstraße 5.
309. „ Prof. Dr. F. Richarz, Marburg i. H.
310. „ Prof. Dr. E. Riecke, Göttingen.
311. „ Prof. Dr. W. C. Röntgen, München, Physik. Institut.
312. „ Dr. M. v. Rohr, Jena, Wagnergasse 11.
313. „ Prof. Dr. J. Rosenthal, Erlangen.
314. „ Prof. Dr. R. Rühlmann, Döbeln i. Sachsen, Kgl. Real-Gymnasium.
315. „ Prof. Dr. C. Runge, Göttingen, Universität.
316. „ Dr. K. Schaum, Marburg a. L., Frankfurterstraße 22.
317. „ Prof. Dr. J. Scheiner, Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
318. „ Dr. R. Schenck, Marburg i. H., Universitätsstraße.
319. „ Gerhard Schendell, Stettin, Preußischestraße 11.
320. „ Prof. Dr. K. Schering, Darmstadt, Saalbaustraße 85.
321. „ Prof. Dr. A. Schmidt, Potsdam, Telegraphenberg.
322. „ Prof. Dr. Gerhard Schmidt, Erlangen.
323. „ Prof. Dr. Schubert, Eberswalde, Forstakademie.
324. „ Dr. F. A. Schulze, Marburg i. H., Steinweg 31/32.
325. „ Dr. Max Seddig, Marburg i. H., Physik. Institut.
326. „ Dr. H. Siedentopf, Jena, Oberer Löbdergraben 11.
327. „ Prof. Dr. P. Silow, Warschau, Universität.
328. „ Prof. Dr. H. Th. Simon, Göttingen.
329. „ Prof. Dr. P. Spies, Posen, Neue Gartenstraße 5.
330. „ Prof. Dr. A. Sprung, Potsdam, Meteorol.-Magnet. Observatorium.
331. „ Dr. Joh. Stark, Göttingen, Herzberger Chaussee 19.
332. „ Prof. Dr. K. Stöckl, Passau, Grünau-Hauptstraße $60\frac{1}{12}$.
333. „ Dr. B. Strasser, Danzig-Langfuhr, Johannistal 23.
334. „ Dr. R. Straubel, Jena, Beethovenstraße 2.
335. „ Prof. Dr. V. Strouhal, Prag, Clementinum.
336. „ Prof. Dr. R. Süring, Potsdam, Meteorol.-Magnet. Observatorium.
337. „ B. Tepelmann, Braunschweig, vor der Burg 18.
338. „ S. Tereschin, Petersburg, Nicolajewskaya 40.
339. „ Dr. M. Toepler, Dresden-A., Reichenbachstraße 9.
340. „ Prof. Dr. W. von Uljanin, Kasan.
341. „ Dr. Usener, Kiel, Muhliusstraße 5.
342. „ Dr. Henri Veillon, Basel, Eulerstraße 27.
343. „ Dr. Fr. Vettin, Dessau, Antoinettenstraße 14.
344. „ Prof. Dr. H. C. Vogel, Potsdam, Astrophysik. Observatorium.
345. „ Prof. Dr. W. Voigt, Göttingen.
346. „ Prof. Dr. P. Volkmann, Königsberg i. Pr.-Tragheim, Kirchenstr. 11.
347. „ Prof. Dr. A. Voller, Hamburg, Physik. Staatslaboratorium.
348. „ Prof. Dr. R. Wachsmuth, Rostock, Prinzenstraße 4.
349. „ Prof. Dr. Anton Weber am Lyceum in Dillingen (Bayern).
350. „ Prof. Dr. H. Weber, Braunschweig, Techn. Hochschule.
351. „ Prof. Dr. H. F. Weber, Zürich, Techn. Hochschule.
352. „ Prof. Dr. L. Weber, Kiel, Physik. Institut.

353. Herr Prof. Dr. A. Wehnelt, Erlangen, Luitpoldstraße 6.
354. „ Prof. Dr. E. Wiechert, Göttingen.
355. „ Prof. Dr. E. Wiedemann, Erlangen.
356. „ Prof. Dr. M. Wien, Danzig, Techn. Hochschule.
357. „ Prof. Dr. W. Wien, Würzburg, Physik. Institut.
358. „ Prof. Dr. O. Wiener, Leipzig, Thalstraße 35.
359. „ Prof. Dr. J. Wilsing, Potsdam, Astrophysik. Observatorium.
360. „ Prof. Dr. A. Winkelmann, Jena.
361. „ Dr. Wright.
362. „ Prof. Dr. A. Wüllner, Aachen, Techn. Hochschule.
363. „ Carl Zeiss, Optische Werkstatt, Jena.
364. „ Dr. W. Ziegler, Santiago de Chile, Cassilla 1389.
365. „ Dr. R. Zsigmondy, Jena.
366. Die mathem.-physik. Sammlung des bayrischen Staates (Direktor: Mechaniker W. Sinz, München, Neuhauserstraße 51).
367. Das Phys. Institut der Universität Leipzig.

Alphabetisches Namenregister

zu

Jahrgang 6 (1904)

der

Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*).

A.

AUSTIN, L. Beobachtungen über die magnetische Längenänderung der HEUSLERschen Mangan-Aluminium-Kupferlegierungen (197), 211.

B.

BECHTOLSHEIM, A. Freiherr v. Paarungsbestrebungen in der Natur (220).

BIEGON VON CZUDNOCHOWSKI, W. Antwort auf Herrn E. RASCH „Erwiderung" betr. meine Arbeit über „Flammen- oder Effektbogenlicht" 137.

BÖRNSTEIN, R. Über den täglichen Gang des Luftdrucks in Berlin (192), 193.

DU BOIS, H., und RUBENS, H. Über Polarisation langwelliger Wärmestrahlen durch Drahtgitter (61, 84), 77.

BRODHUN, E. Zu der Mitteilung von O. LUMMER: Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen (Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit") (150), 153.

D.

DIETERICI, C. Über die Energie des Wassers und seines Dampfes bei hohen Temperaturen (218), 228.

F.

FRANKE, A. Schnelltelegraphensystem von SIEMENS u. HALSKE (343).

G.

GEHRCKE, E. Über die geschichtete Entladung in Wasserstoff (171).

— Eine einfache Methode zur Bestimmung des Stromverlaufs hochgespannter Wechselströme (171), 176.

— Über den Einfluß elektrischer Schwingungen auf die Breite der feinsten Spektrallinien (350), 344.

GOLDSTEIN, E. Über diskontinuierliche Leuchtspektra fester organischer Körper (155), 156.

— Über die Emissionsspektra aromatischer Verbindungen (181), 185.

— Über elektrische Entladungserscheinungen und ihre Spektra (301), 315.

GRAETZ, L. Über die strahlungsartigen Erscheinungen des Wasserstoffsuperoxyds (219), 296.

GREINACHER, H. Über die Ursache des Voltaeffektes (192).

GRIMSEHL, E. Demonstration eines Pendels mit direkt meßbarer Pendellänge (217), 284.

GROSS, TH. Über die Beziehung zwischen elektromotorischer Kraft und chemischer Wärme (61).

*) Die in Klammern bzw. ohne Klammern stehenden Zahlen weisen auf die Seiten hin, auf denen ein kürzerer bzw. längerer Bericht über die betr. Mitteilung abgedruckt ist.

GRUNMACH, LEO. Über gemeinsam mit Herrn Reg.-Rat Dr. E. MEYER ausgeführte Versuche zur Gewichtsbestimmung der Emanation des GIESELschen Emanationskörpers (217), 290.
— Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung und des Molekulargewichts von verflüssigtem Stickstoffoxydul (219), 243.

H.

HAGEN, E., und RUBENS, H. Emissionsvermögen und elektrische Leitfähigkeit der Metallegierungen (127), 128.
HARTL, H. Neue physikalische Vorlesungsapparate (217), 239.
HEFNER-ALTENECK, F. VON † (1).
HENNING, F., sh. KOHLRAUSCH, F. (141), 144.
HERZ, W., und KNOCH, M. Löslichkeitsbestimmungen in Aceton-Wassergemengen (220), 221.
HITTORF, WILHELM. Adresse an (171), 172.
HOPPE, EDM. Zur Konstitution der Magnete (217), 234.

K.

KNOCH, M., sh. HERZ, W. (220), 221.
KÖHLER, A. Eine mikroskopische Einrichtung für ultraviolettes Licht und damit angestellte Untersuchungen organischer Gewebe (218), 270.
KOHLRAUSCH, F., und HENNING, F. Über das Leitvermögen der Lösungen von Radiumbromid (141), 144.
KREBS, WILHELM. Über Verdunstungsmessungen mit dem Doppelthermometer für klimatologische und hydrographische Zwecke (220), 278.
— Über Seebeben (220).
— Über das meteorologische Jahr 1903/04 und die Hochwasserfrage (220), 280.
— Über Probleme der Polarklimate. Kältepole und Eistriften (220), 282.
KREUSLER, H. Vorlesungsversuch zur Demonstration der Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe (127).
— Projektionsschirm nach UMOW (191).
— Über eine im Sonnenspektrum beobachtete Umkehr der D_3-Linie (195), 197.
KRIGAR-MENZEL, O. Zur Theorie der RUBENSschen Schallröhre (349), 356.
KRONE, H. Über Radioaktivität vom universellen Standpunkte aus (219).

L.

LAMPE, E. Gedächtnisrede für den Direktor Professor Dr. JULIUS LANGE (84), 85.
LANGE, JULIUS † (84), 85.
LEITHÄUSER, G. Versuche mit Oszillographen (61).
LESSING, WALTER. Über Wechselstromentladungen (301), 340.
LUMMER, O. Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen (Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit") (61), 62.
— Demonstration der KIRCHHOFFschen Hohlraumtheorie 141.
— Beugungsringe an künstlich erzeugtem Nebel 142.
— Thermolumineszenz von Kristallen unter dem Einfluß der Radiumstrahlen 142.
— Über BLONDLOTsche n-Strahlen (218).
— Über die Auflösung feinster Spektrallinien (219).
— sh. RUBENS, H. (191).
— und PRINGSHEIM, E. Demonstration der anomalen Dispersion in Gasen (149), 151.

M.

MARTENS, F. F. Über den reinen Einfluß der Temperatur auf Brechungsexponenten, nach Beobachtungen an amorphem Quarz (196), 308.
— und MICHELI, F. J. Über den „Einfluß von Temperatur und Dichte" auf Brechungsexponenten, nach Beobachtungen an Flußspat und Quarz (196), 311.

MARTINY, E. Wirkung magnetischer Querkräfte auf einen Gleichstromlichtbogen mit geradliniger Strombahn (196), 199.
MARX, ERICH. Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme (Antwort auf die Erwiderung des Herrn STARKE) (83), 121.
MEYER, E., sh. GRUNMACH, LEO (217), 290.
—, EDGAR. Über die Durchlässigkeit des Argons für ultraviolette Strahlung (350), 362.
— und MÜLLER, ERNST. Über die Ursache der Ionisation der Phosphorluft (325), 332.
MICHELI, F. J., sh. MARTENS, F. F. (196), 311.
MÜLLER, ERNST, sh. MEYER, EDGAR (325), 332.
MÜLLER-URI, RICHARD. Vorführung von Vakuumapparaten (218), 288.

N.

NERNST, W. Strahlung der Gase (219).
NICOLAJEW, W. VON. Versuche über den Einfluß der Leitfähigkeit bei elektrostatischen Experimenten (180).

P.

PRECHT, J. Die Wärmeabgabe des Radiums (84), 101.
PRINGSHEIM, E. Einige optische Vorlesungsversuche 149.
— sh. LUMMER, O. (149), 151.
PULFRICH, C. Über einen Apparat zur Messung der Kimmtiefe, einen neuen zerlegbaren Theodoliten und Phototheoliten, die stereo-photogrammetrische Küstenvermessung vom Schiff aus und eine neue Art der Vergleichung photographischer Sternaufnahme (218), 255.

R.

RASCH, EWALD. Bemerkungen zu Notizen des Herrn VON CZUDNOCHOWSKI über den Lichtbogen zwischen Leitern zweiter Klasse 139.
REGENER, E. Über die chemische Wirkung kurzwelliger Strahlen auf gasförmige Körper (293).
— Einfluß eines Gasstromes auf eine Funkenstrecke (293).
REINGANUM, MAX. Berechnung des Molekularvolumens von Halogensalzen aus den Atomenvolumina der Bestandteile (219), 294.
RITTER, F. Über das Funkenpotential in Chlor, Brom und Helium (141).
ROSENTHAL, J. Über einige Verbesserungen an automatisch wirkenden Quecksilberluftpumpen SPRENGELscher Art (219), 262.
RUBENS, H. Demonstration stehender Schallwellen durch Manometerflammen (349), 351.
— sh. DU BOIS, H. (61), 77.
— sh. HAGEN, E. (127), 128.
— und LUMMER, O. Über die BLONDLOTschen N-Strahlen (191).

S.

SCHEFFER, W. Über Beziehungen zwischen stereoskopischen Aufnahme- und Beobachtungsapparaten (218).
SCHMIDT, W. Vorführung eines Apparates zur Demonstration stehender und interferierender Wellen (219), 249.
SCHÖNROCK, O. Über die Saccharimeterskala nach VENTZKE und die Prüfung der Saccharimeter u. Quarzplatten (180).
— Ausmessung der Planheit von Flächen bis auf ein Milliontel Millimeter (349).
SCHUBERT, J. Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre (171), 173.
SIMON, HERM. TH. Über einen Phasenmesser und seine Verwendung zur Fernübertragung der Kompaßstellung (219), 266.
STARK, J. Versuche über die Ionisierung durch den Stoß positiver Ionen (84), 104.

STARK, J. Bedienung und Verwendung einer Quecksilber-Bogenlampe aus Quarzglas (218).
STARKE, H. Über die Elektrizitätsleitung in der Flamme (1), 33.
— Einige Versuche mit Gasionen (195).
STERN, WILLIAM. Demonstration des „Tonvariators" (219), 302.

T.

TRAUBE, I. Über die Bedeutung der Oberflächenspannung im Organismus (325), 326.

U.

UMOW, N. Über einen Projektionsschirm (180), 184.

V.

VOLLER, A. Versuche über die zeitliche Abnahme der Radioaktivität und über die Lebensdauer des Radiums im Zustande sehr feiner Verteilung (219), 291.

W.

WANDERSLEB, E. Die von M. VON ROHR gegebene Theorie des Veranten, eines Apparates zur richtigen Betrachtung von Photographien 44.
WARBURG, E. Über den Durchgang der Kathodenstrahlen durch Metalle (1), 9.
— Bemerkung über die Spitzenentladung (196), 209.
WEHNELT, A. Über den Austritt negativer Ionen aus glühenden Metalloxyden und damit zusammenhängende Erscheinungen (219), 224.

Z.

ZACHARIAS, J. Astatische Magnete aus einem Stück (220).
ZAHN, W. VON † (195).
ZEHNDER, L. Ein neues Halbschattenpolarimeter (325), 337.

Meiser & Mertig, Dresden-N. d.

Werkstätten für Präzisionsmechanik.

Physikalische Apparate

jeder Art in praktischer, solider u. eleganter Ausführung.

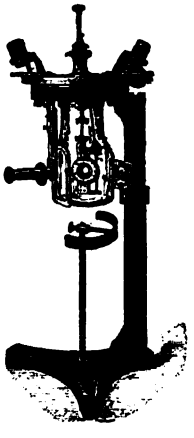
Funkeninduktoren. * Hochspannungsapparate.

Apparate für drahtlose Telegraphie.

Röntgenapparate. * Chemische Geräte.

Viele Empfehlungen und Anerkennungen.

Neue Preisliste kostenlos.



W. Apel, Universitäts-Mechaniker, Inh. Dr. M. Apel.

Geschäftsgründung 1808. **Göttingen.** Geschäftsgründung 1808.

Chemische und physikalische Apparate.

Specialität:

Rauchgasapparate, Calorimeter zur Bestimmung des **Brennwertes** der verschiedenen **Brennstoffe** und von **Gasen**, nach Ferd. Fischer.

Thermometer nach Ferd. Fischer. (Taschenbuch für Feuerungstechniker.)

Apparat zur Bestimmung d. Dielektricitätsconstanten nach Nernst. (Zeitschr. f. physik. Chemie. XIV, 4.)

Totalreflectometer nach Kohlrausch.

Demonstrationsapparate nach Behrendsen und Grimsehl.

Krystallmodelle aus Holz und Glastafeln nach Klein, Naumann und Rose.

Milchprüfungsbestecke nach Tollens.

W. Meyerling,

Halensee bei Berlin, Bornstädter-Straße 6.

Bolometer nach Prof. Lummer-Kurlbaum, **U-förmige Widerstandsgefäße** nach Prof. Kohlrausch, für geringe Substanzmengen. Dieselben geben die Leitfähigkeit in absolutem Maß. Zur Bestimmung genügen 10 bis 15 ccm Flüssigkeit.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a. Rh.

Spezialfabrik für

Einrichtung wissenschaftlicher Institute

liefern

vollständige Einrichtungen von Hörsälen und Laboratorien

mit

Experimentiertischen, Verdunkelungs-Vorrichtungen, Arbeitstischen, Sammelschränken usw.

Elektrische Stromanlagen, Schalttafeln, Umformer usw.
Projektionsapparate.

Physikalische Apparate

für

Vorlesungen und Übungen im Praktikum.

Illustrierte Preislisten auf Verlangen.

WIDENER LIBRARY
HX 63VG K